ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 FÉVRIER 1912.

PRÉSIDENCE DE M. LIPPMANN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination de la flexion astronomique des cercles méridiens.* Note de M. Maurice Hamy.

La flexion astronomique d'un instrument méridien, en distance polaire, est représentée géométriquement par les petites variations de l'angle compris entre un rayon déterminé du cercle divisé et la projection de l'axe optique sur le plan de ce cercle. Pour achever de la définir, on lui attribue la valeur zéro, lorsque la lunette est orientée dans une direction fixe, d'ailleurs arbitraire, celle du zénith en général.

La flexion résulte des petits déplacements de l'objectif, dans son barillet, et d'un effet différentiel des déformations des deux moitiés du tube de la lunette portant l'une l'objectif, l'autre le micromètre. Ces déformations sont elles-mêmes provoquées par deux agents physiques distincts : la pesanteur, d'une part, et la température qui entre en jeu surtout parce que sa répartition, dans la matière du tube, cesse d'être uniforme au moment des observations, sous l'influence du rayonnement du ciel et des sources de chaleur voisines de l'instrument, causes perturbatrices qui agissent dissymétriquement sur la paroi supérieure et la paroi inférieure de la lunette. Les erreurs essentiellement variables qui prennent ainsi naissance sont loin d'être toujours négligeables ; elles peuvent même atteindre des valeurs fort importantes (¹).

(¹) Hamy, *Bulletin astronomique*, 1896, p. 178.

L'étude de la flexion a donné lieu à de nombreux travaux [1]. Elle demeure encore néanmoins une source d'erreurs sur l'élimination desquelles il règne de l'incertitude, dans les recherches de haute précision, parce que les conditions dans lesquelles on se place, pour l'évaluer, ne correspondent pas nécessairement à celles des observations astronomiques, notamment sous le rapport de la température.

On la détermine, le plus souvent, en faisant usage de deux collimateurs horizontaux disposés de part et d'autre de l'axe de rotation de la lunette et réglés de manière à avoir leurs axes optiques parallèles. De la comparaison des pointés exécutés sur les repères, placés aux foyers des deux appareils, on déduit la flexion horizontale. Le calcul fournit ensuite la flexion correspondant à une direction quelconque, étant admis qu'elle varie, de part et d'autre de la verticale, proportionnellement au sinus de la distance zénithale [2].

Une autre méthode, imaginée par Marth et perfectionnée par Lœwy, donne le moyen de mesurer directement la flexion, dans toutes les directions, sans faire aucune hypothèse sur la loi de ses variations, en fonction de la distance zénithale. Elle présente donc, sur la première, une évidente supériorité. Malheureusement son emploi nécessite l'intervention d'un appareil auxiliaire, destiné à fournir à la fois l'image d'un repère tracé sur l'objectif et l'image réfléchie du réticule, dans le plan du micromètre, appareil qui ne peut servir au cours même des observations, parce qu'il empêche la lumière qui a traversé l'objectif de se propager librement à l'intérieur de la lunette.

Or, pour ramener la mesure de la distance polaire d'un astre à ce qu'elle serait si l'instrument restait parfaitement rigide, pour tenir compte particulièrement des effets perturbateurs dus à la température, il faudrait pouvoir déterminer la flexion à l'instant précis où viennent d'être exécutés les pointés sur l'astre dont on veut obtenir les coordonnées exactes, sans modifier l'orientation de la lunette.

Ce désidératum est, comme on va le voir, parfaitement réalisable, en faisant usage d'un dispositif que je me propose de décrire dans les lignes qui suivent.

---

(1) Voir à ce sujet : Boquet, *Les observations méridiennes*, t. II, p. 201; O. Doin et fils, éditeurs à Paris.

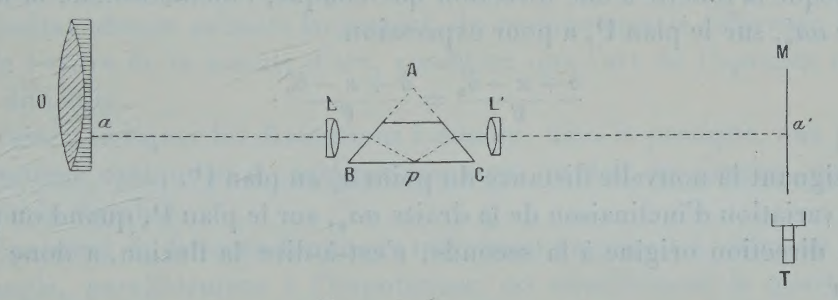
(2) D'après les mesures de M. Boquet, faites au grand cercle méridien, à l'Observatoire de Paris, la flexion horizontale varie avec la température ambiante.

L'appareil dont je veux parler repose sur la propriété suivante des prismes isoscèles, des prismes à réflexion totale rectangle, en particulier.

Appelons AB, AC les deux faces du prisme également inclinées sur la troisième face BC, supposée en état de réfléchir la lumière, soit par réflexion totale, soit qu'elle ait été argentée.

Considérons un rayon lumineux tombant sur la face AB, sous une incidence telle qu'il vienne, après réfraction, se réfléchir sur la face BC. Ce rayon sort, du verre dans l'air, à travers la face AC, dévié en général de sa route primitive. Mais ses deux directions, avant et après son passage dans le prisme, sont également inclinées sur la face réfléchissante BC. En d'autres termes ces directions, non les trajets eux-mêmes, jouent le rôle, l'une de direction incidente, l'autre de direction réfléchie, par rapport au plan BC.

Cette propriété rappelée, figurons en coupe, sur le méridien, l'objectif o de l'instrument, le plan du micromètre M et le tambour de la tête de vis T, qui sert à déplacer le fil mobile de déclinaison. Dans la région centrale de la lunette, mais suffisamment au-dessous de son axe, pour ne pas gêner les observations, disposons un prisme à réflexion totale rectangle p, la face hypoténuse étant placée sensiblement dans le sens de l'axe optique.



Encadrons ce prisme de deux petits objectifs identiques L, L', ayant leurs foyers respectivement sur la face arrière de l'objectif o et sur le plan du micromètre M. Ce système optique, supposé invariablement lié au cercle de l'instrument, fournit, dans le plan M, une image a' d'un repère a marqué sur la face postérieure de l'objectif o.

Lorsque la lunette est orientée dans la direction origine de flexion nulle, le point a' occupe une position particulière a'_0, dans le plan du micromètre. Désignons alors par δ_0 la distance du point a au plan P mené, parallèlement à la face BC, par le centre optique de l'objectif L, et par δ'_0 la distance du point a'_0 au plan P mené, parallèlement à BC, par le centre optique de l'objectif L'.

Appelons δ la distance du point a au plan P, lorsque la lunette est orientée dans une direction quelconque et δ' la distance correspondante du point a' au plan P'.

Il convient de remarquer que δ_0 et δ'_0, d'une part, δ et δ', d'autre part, sont des longueurs égales, en vertu de la propriété du prisme, rappelée ci-dessus.

La droite joignant les points a et a'_0 est invariablement liée à l'axe optique de l'instrument. Les variations d'inclinaison de cette droite, sur le plan P, lorsque l'on fait tourner la lunette, représentent par suite la flexion, puisque le plan BC est lui-même invariablement lié au cercle divisé.

L'inclinaison de la droite aa'_0, sur le plan P, lorsque la lunette est orientée dans la direction origine de flexion nulle, a pour expression, en la confondant avec sa tangente,

$$\frac{\delta_0 + \alpha - \delta'_0}{aa'_0} = \frac{\alpha}{F},$$

en désignant par F la longueur focale de la lunette et par α la petite distance qui peut séparer les plans P et P'.

Lorsque la lunette a une direction quelconque, l'inclinaison de la même droite aa'_0, sur le plan P, a pour expression

$$\frac{\delta + \alpha - \delta''_0}{F} = \frac{\delta' + \alpha - \delta''_0}{F},$$

δ''_0 désignant la nouvelle distance du point a'_0 au plan P'.

La variation d'inclinaison de la droite aa'_0, sur le plan P, quand on passe de la direction origine à la seconde, c'est-à-dire la flexion, a donc pour valeur

$$\frac{\delta' + \alpha - \delta''_0}{F} - \frac{\alpha}{F} = \frac{\delta' - \delta''_0}{F},$$

quantité qui est regardée ici comme positive lorsque la flexion a pour effet de rapprocher l'axe optique du pôle, dans le cas des culminations supérieures des astres.

Or $\delta' - \delta''_0$ est le déplacement de l'image a', dans le plan du micromètre, quand on passe de la direction origine de flexion nulle à la seconde. C'est une quantité directement mesurable avec le fil mobile de déclinaison.

Appelons l_0 la lecture faite, au tambour du micromètre, sur l'image du point a, dans la première direction de la lunette, l la lecture correspondant

à la seconde direction, K la valeur, en secondes d'arc, du tour de vis de l'instrument. Le produit $f = K(l - l_0)$ exprime le rapport $\frac{\delta' - \delta''_0}{F}$ en secondes d'arc, en grandeur et en signe, si la tête de vis du micromètre est tournée vers le sol, lorsque la lunette est dirigée au sud du zénith. La quantité f est d'ailleurs à retrancher des lectures de distances polaires faites au cercle divisé de l'instrument, pour ramener les observations à ce qu'elles seraient si la lunette restait rigide.

En résumé, les opérations à faire pour se débarrasser des perturbations causées par la flexion, en employant la méthode dont nous venons d'indiquer le principe, consistent à pointer, avec le fil mobile, l'image fournie par le système optique décrit ci-dessus, immédiatement après chaque observation, avant de décaler la lunette. On retranche des lectures de distances polaires faites au cercle divisé, les produits $K(l - l_0)$ définis tout à l'heure. Il est, du reste, tout indiqué de choisir, comme direction de flexion nulle, celle du nadir (1).

Dans ce qui précède, on a supposé les faces AB, AC du prisme p inclinées, rigoureusement du même angle, sur la face réfléchissante BC. En réalité, cette égalité mathématique des dièdres B et C n'est pas nécessaire. Le résultat obtenu subsiste largement, du moment que la différence B − C est de l'ordre de la minute d'arc, condition que l'art de l'opticien réalise sans difficulté.

Il reste à indiquer les dimensions à donner, dans la pratique, aux pièces du système optique et à examiner comment on doit les monter, pour en assurer la stabilité.

L'épaisseur du faisceau lumineux traversant un prisme à réflexion totale rectangle, parallèlement à l'hypoténuse, est sensiblement le quart de la longueur de cette face. En taillant dans un parallélépipède de crown de 100^{mm} de longueur et de 25^{mm} de côté : 1° une grande face plane sur l'un des flancs; 2° deux petites faces rectangulaires entre elles et inclinées à 45° sur la première, on obtient, par suite, un corps transparent laissant passer un faisceau de 25^{mm} de côté, dans le sens de sa longueur. Si l'on donne ces dimensions au bloc de verre p, l'image a' du repère a, supposé de dimen-

(1) L'état de la lunette peut subir des modifications pendant l'espace de temps qui sépare deux observations du nadir. En appelant l'_0 la lecture faite au tambour du micromètre, quand on pointe l'image du point a, lors de la seconde observation de distance polaire du nadir, il convient d'appliquer la correction $-K(l'_0 - l_0)$ à cette observation, pour la rendre comparable à la première.

sions évanouissantes, se voit, du centre optique de L′, sous un angle de 5″; mais, pour l'observateur qui la regarde à travers l'oculaire de la lunette, elle paraît de diamètre inférieur à 2″,5, à cause de la différence des longueurs focales des objectifs *o* et L′. Une pareille image se prête à des pointés extrêmement précis. Il n'y a donc pas lieu d'adopter des dimensions supérieures à celles qui viennent d'être indiquées pour la pièce *p*, au détriment de sa légèreté qu'il ne faut pas sacrifier inutilement. Le poids des objectifs L, L′ n'atteint d'ailleurs, dans ces conditions, que quelques grammes.

Le meilleur moyen de relier invariablement le système optique L, *p*, L′ au cercle divisé de l'instrument serait de le fixer à l'extrémité d'un manchon métallique, convenablement évidé pour laisser passer la lumière, rapporté à l'intérieur du petit bras de la lunette sur lequel est chaussé ce cercle.

Il serait, d'ailleurs, indiqué de raccorder ce manchon suivant la section circulaire intérieure du petit bras, déterminée par le plan du cercle divisé. En procédant de la sorte, non seulement le dispositif, décrit ci-dessus, permettrait d'éliminer la flexion due aux causes dont nous avons parlé en commençant, mais de plus, on se débarrasserait de l'effet de la torsion du bras, sur lequel est calé le cercle divisé, qui peut prendre naissance sous l'action du couple provenant de l'antagonisme du frottement des tourillons sur leurs coussinets et de l'effort exercé, par l'intermédiaire de la pince de serrage, lorsque l'observateur veut donner de légers déplacements à la lunette.

Il convient d'ajouter qu'il y aurait intérêt à fixer, sur le manchon, non pas un mais deux systèmes optiques identiques, symétriquement par rapport à l'axe de figure de la lunette. On aurait ainsi deux valeurs de la flexion fournies l'une par l'image située en haut, l'autre par l'image située en bas du champ. Au surplus, on pourrait ramener ces deux images au centre, en inclinant convenablement la face réfléchissante BC du prisme *p* sur l'axe optique de l'instrument ([1]).

Le cube central des instruments méridiens est souvent encombré par les pièces de l'appareil d'éclairage du champ. Aussi l'installation du manchon paraît-elle devoir nécessiter une modification assez profonde des organes

---

([1]) L'inclinaison à donner à la face BC du prisme serait de l'ordre du degré. Bien que l'expression de la flexion, à laquelle nous sommes arrivés, suppose le plan BC perpendiculaire à celui du micromètre, elle aurait encore une exactitude suffisante pour les besoins de la pratique.

destinés à amener la lumière sur les fils du micromètre, voire même la substitution de nouveaux cubes à ceux dont sont actuellement pourvues les lunettes. Mais la considération d'économie doit disparaître devant la nécessité de se débarrasser à coup sûr des erreurs de flexion, notamment dans les recherches relatives à la position des étoiles fondamentales.

Peut-être serait-il plus simple, au point de vue pratique, de fixer les pièces du dispositif sur une monture s'adaptant aux pourtours des deux ouvertures circulaires percées dans les faces libres du cube central. C'est, comme on sait, le parti auquel s'est arrêté Lœwy, pour installer son appareil sur les cercles méridiens. Mais, en opérant de la sorte, il est à craindre que les efforts considérables et très variables, avec la direction de la lunette, exercés par les bras de l'instrument sur le cube, efforts qui altèrent plus ou moins sa forme, ne soient susceptibles d'avoir une fâcheuse répercussion sur la stabilité du système optique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de la diphényl-1.5-tétraméthyl-2.2.4.4-pentanone-3, et de la phényl-1-tétraméthyl-2.2.4.4-pentanone-3, dérivées de la dibenzylacétone (diphényl-1.5-pentanone-3) et de la phényl-1-pentanone-3.* Note de M. **A. Haller**.

Toutes les alcoylations auxquelles nous avons procédé jusqu'à présent avec M. Édouard Bauer ont porté, soit sur des arylalcoylcétones dans lesquelles le radical aryl est directement uni au groupement cétonique, soit sur des cétones exclusivement aliphatiques.

Il était intéressant de s'assurer si des cétones de la forme

$$Ar.CH^2.CH^2.CO.CH^2.CH^2.Ar$$

ou de la forme

$$Ar.CH^2.CH^2.CO.CH^2.Al,$$

où Ar et Al sont respectivement des radicaux aromatique et aliphatique, se laissent alcoyler de la même façon que les cétones employées dans nos premières recherches.

Nous avons donc soumis la diphényl-1.5-pentanone-3 (dibenzylacétone sym.) et la phényl-1.-pentanone-3 à l'action successive de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle, dans le but d'obtenir, après alcoylation

totale, les deux cétones tétraméthylées suivantes :

$$C^6.H^5.CH^2C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \\ \diagdown CH^3\end{matrix}\!\!-CO\,C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \\ \diagdown CH^3\end{matrix}\!\!-CH^2C^6H^5 \qquad C^6.H^5.CH^2C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \\ \diagdown CH^3\end{matrix}\!\!-CO\,C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ -CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}$$

Diphényl-1 5-tétraméthyl-2.2.4.4-pentanone-3 — Phényl-1-tétraméthyl-2.2.4.4-pentanone-3

L'expérience a montré que l'alcoylation méthodique et successive des cétones mises en expérience aboutit réellement aux cétones tétraméthylées que nous avions en vue.

Méthylation de la dibenzylacétone symétrique

$$C^6H^5.CH^2.CH^2.COCH^2.CH^2C^6H^5.$$

— La cétone employée a été obtenue en réduisant une solution de 25^g de dibenzylidèneacétone, dans 250^g d'alcool à 95°, par 1500^g d'amalgame de sodium, à 2,50 pour 100, ajoutés par petites portions. On a soin de maintenir constamment la solution acide, par l'addition d'acide acétique, et de remuer la masse pendant toute la durée de la réduction.

La cétone retirée de la solution est un liquide incolore, huileux, distillant à 205°-208° sous 13^{mm}, et ressemblant, par ses propriétés, au produit préparé par Dünschmann et Pechmann ([1]) : 1° par hydrolyse du dibenzylacétonedicarbonate d'éthyle; 2° par calcination de l'hydrocinnamate de calcium, et identique aussi à la cétone obtenue par Harries ([2]) dans la réduction de la benzylidènebenzylacétone. Notre cétone fournit, en effet, une oxime en fines aiguilles fondant à 91°, au lieu de 92° qu'accusent les savants allemands.

Une solution de 15^g de cette dibenzylacétone symétrique dans l'éther anhydre a été additionnée de 3^g d'amidure de sodium pulvérisé, et, après dissolution, le liquide a été traité par 10^g d'iodure de méthyle. On chauffe au bain-marie jusqu'à réaction complète, et l'on isole le corps formé. On le redissout dans l'éther anhydre et on l'additionne d'une nouvelle quantité d'amidure et d'iodure.

Quand on juge que la réaction est achevée, on extrait de nouveau le produit et on le soumet à un troisième traitement analogue. Celui-ci terminé, on chasse l'éther et on le remplace par de la benzine, la quatrième

---

([1]) Dunschmann et Pechmann, *Ann. der Chemie*, t. CCLXI, 1891, p. 186.
([2]) Harries, *Ann. der Chemie*, t. CCCXXX, p. 234.

méthylation ne s'effectuant qu'au sein de ce carbure. Quand on isole le produit formé, on constate qu'il n'est pas pur et qu'il renferme encore de la triméthyldibenzylacétone. Pour effectuer la méthylation totale, on le soumet une dernière fois, au sein du benzène, à l'action successive de $1^g,5$ d'amidure et de 5^g d'iodure de méthyle, et l'on sépare finalement la cétone cherchée.

La tétraméthyldibenzylacétone ou diphényl-1.5-tétraméthyl-2.2.4.4-pentanone-3 se présente sous la forme d'un liquide huileux bouillant de 203° à 208° sous 10^{mm}. Soluble dans la plupart des solvants organiques, cette cétone ne se combine ni à l'hydroxylamine, ni à la semicarbazide, ni à la phénylhydrazine et se comporte, par suite, à l'égard de ces réactifs, comme toutes les hexalcoylacétones déjà préparées.

Action de l'amidure de sodium sur la tétraméthyldibenzylacétone symétrique. — 12^g de la cétone tétraméthylée sont échauffés, au sein du xylène, 3 jours durant, avec $1^g,5$ d'amidure de sodium. Le produit de la réaction est ensuite additionné de quelques gouttes d'alcool, puis finalement d'un excès de ce solvant.

On décante le carbure, on le sèche sur du sulfate de soude et on le fractionne dans le vide.

On obtient un résidu solide qui, purifié par cristallisations successives dans de l'éther et un mélange d'éther et d'éther de pétrole, se présente sous la forme de paillettes blanches fondant à 62°, point de fusion de l'amide de l'acide *benzyldiméthylacétique* (¹). Il en a d'ailleurs la composition.

Si l'on soumet le carbure (xylène) à une série de fractionnements méthodiques, on arrive à isoler quelques grammes d'un carbure bouillant à 163°-165° à la pression ordinaire, et dont la composition répond à celle d'un isobutylbenzène.

La rupture de la tétraméthyldibenzylacétone symétrique, sous l'influence de l'amidure de sodium, s'est donc effectuée suivant l'équation

$$C^6H^5.CH^2C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}\!\!-CO.C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}\!\!-CH^2C^6H^5 + NH^2Na$$

$$\rightarrow C^6H^5.CH^2C\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}\!\!-CONH^2 + C^6H^5.CH^2.CH\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}.$$

(¹) A. HALLER et ED. BAUER, *Comptes rendus*, t. 149, p. 5.

Elle est conforme à celle que nous avons observée avec la diméthylbenzylacétophénone qui, dans les mêmes conditions, s'est dédoublée en la même amide et en benzène [1].

Méthylation de la phényl-1-pentanone-3-$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CH^2CH^3$. — La phényl-1-pentanone-3 a été préparée par réduction, au moyen de l'amalgame de sodium, d'une solution alcoolique de α-benzylidèneméthyléthylcétone $C^6H^5.CH = CH.CO.CH^2CH^3$ obtenue par condensation de la méthyléthylcétone avec l'aldéhyde benzoïque.

La phényl-1-pentanone-3, préparée déjà par la même méthode par MM. Harries et H. Muller [2], constitue une huile bouillant entre 125° et 130° sous 14^{mm} et ne donnant pas d'oxime cristallisée.

Elle a été soumise, trois fois de suite, au sein de l'éther sec, à l'action successive de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle. La cétone, méthylée dans ces conditions, après avoir été isolée, a été traitée une dernière fois, au sein du benzène, par de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle. Après un traitement approprié et une suite de rectifications, on obtient finalement une huile, distillant de 139° à 144° sous 16^{mm} et dont la composition répond à celle de la *phényl-1-tétraméthyl-2.2.4.4-pentanone-3*

$$C^6H^5.CH^2.C\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ - \\ \diagdown CH^3 \end{matrix}CO.C\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ -CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix}$$

Les produits de dédoublement que cette cétone fournit, quand on chauffe sa solution dans le benzène avec un peu plus que la quantité théorique d'amidure de sodium, prouve surabondamment qu'elle a la constitution que nous lui assignons.

En suivant le mode opératoire déjà décrit à plusieurs reprises, nous avons en effet réussi à isoler, d'une part, de l'isobutylbenzène bouillant entre 163° et 165° et, d'autre part, l'amide de l'acide triméthylacétique fondant à 153°-154°.

La rupture de la molécule s'est donc bien effectuée suivant l'équation

$$C^6H^5.CH^2.C\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ - \\ \diagdown CH^3 \end{matrix}CO.C\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ -CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} + NH^2Na \rightarrow C^6H^5.CH^2.CH\begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} + (CH^3)^3.C.CONH^2.$$

(1) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 149, p. 5.

(2) Harries et H. Muller, *Ber. deut. chem. Ges.*, **t.** XXXV, p. 966.

Ajoutons que pas plus que les diverses hexaalcoylacétones déjà signalées, la phényl-1-tétraméthyl 2.2.4.4-pentanone-3 ne se combine à l'hydroxylamine et à la semicarbazide.

Essai de méthylation de la benzylacétone $C^6.H^5.CH^2.CH^2.COCH^3$. — Préparée par réduction de la monobenzylidèneacétone, cette cétone a été soumise à l'action successive de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle, dans le but d'obtenir la benzyldiméthylpinacoline. Quelles que fussent les conditions dans lesquelles nous avons opéré, nous avons toujours obtenu des produits résineux ne se prêtant à aucune purification. Comme beaucoup de méthylcétones, la benzylacétone se condense sur elle-même quand on la chauffe avec de l'amidure de sodium.

Ces recherches montrent que les diaryl et monoarylcétones appartenant aux types $ArCH^2.CH^2.CO.CH^2.CH^2Ar$ et $ArCH^2.CH^2.CO.CH^2.CH^2Al$ se laissent tétraméthyler au même titre que les dialcoylcétones et que ces cétones nouvelles subissent un dédoublement analogue à celui auquel se prêtent les trialcoylacétophénones et les hexaalcoylcétones. Il est probable qu'il en sera de même des cétones $Ar(CH^2)^n.CO(CH^2)^n.Ar$ et $Ar(CH^2)^n.CO(CH^2)^n.Al$.

M. Couard, notre préparateur, nous a très intelligemment secondé dans ce travail, nous l'en remercions.

PARASITOLOGIE. — *Infection généralisée de la souris par la Leishmania Donovani*. Note de M. A. Laveran.

J'ai fait connaître, dans une Note antérieure publiée en collaboration avec M. Pettit [1], que les rats et les souris pouvaient s'infecter par la *Leishmania Donovani*. En injectant, dans la cavité péritonéale de rats ou de souris, une petite quantité de l'émulsion obtenue en broyant dans de l'eau physiologique des fragments des viscères (foie, rate) et de la moelle osseuse d'un chien infecté de kala-azar (virus tunisien), nous avons obtenu des infections légères, caractérisées par la multiplication des parasites dans l'exsudat péritonéal; l'exsudat péritonéal d'un rat ensemencé, sur milieu de Novy simplifié, 22 jours après l'inoculation, avait donné encore une belle

[1] A. Laveran et A. Pettit, *Soc. de Biologie*, 5 juin 1909.

culture mais, chez les animaux sacrifiés, nous n'avions pas trouvé de *Leishmania* dans la rate, dans le foie, ni dans la moelle osseuse; nous avions dû conclure, par suite, qu'il s'agissait d'infections légères, limitées à la cavité péritonéale et qui ne se généralisaient pas comme cela arrive chez l'homme, chez le singe et chez le chien.

J'ai repris récemment ces recherches; l'expérience suivante démontre qu'on peut obtenir chez la souris, avec la *Leishmania Donovani*, des infections généralisées.

Le 25 janvier 1912, un chien infecté avec la *Leishmania Donovani* (virus tunisien) est sacrifié. Les *Leishmania* sont nombreuses dans la moelle osseuse, rares dans la rate. On broie de la moelle osseuse et des fragments de rate, on ajoute de l'eau physiologique et on injecte à 3 souris, dans la cavité péritonéale, un peu de l'émulsion ainsi obtenue ($0^{cm^3},5$ à chaque souris).

Souris 1. — Des examens de l'exsudat faits les 1er, 8 et 17 février révèlent l'existence de *Leishmania* qui, nombreuses lors du premier examen, sont plus rares lors des examens suivants. L'exsudat ensemencé le 1er février dans deux tubes du milieu de Novy simplifié donne de belles cultures de *Leishmania*. La souris est vivante à la date du 25 février.

Souris 2. — Des examens de l'exsudat péritonéal faits les 3, 10 et 24 février, révèlent l'existence de *Leishmania* qui, nombreuses le 3 février, deviennent plus rares aux examens suivants. L'exsudat ensemencé le 3 février sur milieu de Novy simplifié donne une belle culture. La souris est vivante à la date du 25 février.

Souris 3. — L'examen de l'exsudat péritonéal fait le 5 février révèle l'existence de *Leishmania* nombreuses, beaucoup plus nombreuses que dans l'émulsion qui a été inoculée le 25 janvier. Les parasites sont inclus dans des leucocytes mononucléaires ou dans de grandes cellules endothéliales.

De nouveaux examens de l'exsudat péritonéal faits les 12 et 24 février révèlent encore l'existence des *Leishmania*, mais en moins grand nombre que lors du premier examen.

La souris est sacrifiée le 25 février; on ne trouve plus, dans le péritoine, qu'un exsudat blanchâtre très peu abondant. La rate, fortement hypertrophiée, a cinq à six fois le volume normal. Le foie ne présente pas d'altération macroscopique.

Des frottis sont faits avec la rate, le foie et la moelle osseuse; après dessiccation et fixation par l'alcool-éther, ils sont colorés au moyen de la solution de Giemsa. On trouve, dans tous les frottis de la rate, du foie et de la moelle osseuse, des *Leishmania* en grand nombre qui souvent sont libres, probablement à la suite de la destruction des éléments anatomiques dans lesquels les parasites s'étaient développés.

La rate et le foie de la souris broyés dans de l'eau physiologique servent

à inoculer des souris et des rats. Il est probable que les infections de souris à souris se feront beaucoup plus facilement que de chien à souris.

Il est intéressant de constater que la *Leishmania Donovani* peut provoquer chez la souris des infections généralisées; il est probable qu'il en est de même pour le rat; il y aura lieu de rechercher si ces petits rongeurs ne peuvent pas contribuer à la propagation de la maladie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation catalytique des aldéhydes à partir des acides*. Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

La méthode classique pour obtenir les aldéhydes à partir des acides correspondants, consiste à calciner le mélange intime de formiate de calcium et de sel de calcium de l'acide [1].

Le formiate se transforme en carbonate en réduisant l'acide, selon la formule

$$(R.CO^2)^2Ca + (H.CO^2)^2Ca = 2\,CaCO^3 + 2\,\underset{\text{aldéhyde}}{R.CO.H}.$$

Ce procédé est d'une pratique assez laborieuse et fournit des rendements peu avantageux, parce que, le mélange des deux sels n'étant jamais absolument parfait, une portion de chacun d'eux donne lieu à une décomposition séparée; le formiate de calcium fournissant du méthanal, du méthanol et des produits gazeux de dédoublement; le sel de calcium de l'acide donnant l'acétone symétrique R.CO.R.

La méthode fort ancienne de préparation des acétones par cette dernière réaction a été heureusement transformée par Squibb [2] et par Ipatief en méthode catalytique, en faisant agir les vapeurs de l'acide sur un oxyde ou un carbonate (de calcium, baryum ou zinc) convenablement chauffé. Grâce à l'emploi comme catalyseur de la *thorine* dont nous avons indiqué les précieuses qualités, Senderens a perfectionné la méthode de Squibb et l'a étendue au mélange de deux acides différents pour obtenir des *acétones mixtes*, comme on les obtenait par la calcination du mélange des sels de calcium des deux acides (Williamson) [3]. L'acétone mixte est, sur la tho-

---

(1) Limpricht, *Ann. Chem. Pharm.*, t. XCVII, 1856, p. 368, et Piria, *Ann. de Chim. Phys.*, 3e série, t. 48, 1856, p. 113.

(2) Conroy, *Revue générale des Sciences*, t. XIII, 1902, p. 563.

(3) Williamson, *Ann. Chem. Pharm.*, t. LXXXI, 1850, p. 86.

rine vers 380°-400°, fournie par la réaction

$$R.CO^2H + R'.CO^2H = CO^2 + H^2O + \underset{\text{acétone}}{R.CO.R'}.$$

Les analogies conduisaient à penser que, par l'action d'un catalyseur convenable sur un mélange d'acide formique et d'un acide forménique, on pourrait, comme dans la méthode de Limpricht et Piria, obtenir l'aldéhyde correspondante à ce dernier acide d'après la réaction

$$R.CO^2H + H.CO^2H = CO^2 + H^2O + \underset{\text{aldéhyde}}{R.CO.H}.$$

Mais la fragilité bien connue de l'acide formique, que les catalyseurs détruisent très rapidement au-dessous de 300°, paraissait devoir être un obstacle insurmontable au succès de cette réaction.

Dans un travail récent ([1]), nous avons fait connaître que, si l'on fait agir les vapeurs de divers acides forméniques sur les *éthers formiques*, en présence d'*oxyde titanique* au-dessus de 250°, il y a déplacement de l'acide formique par les acides antagonistes, mais que l'acide formique ainsi éliminé exerce aussitôt sur une portion de ces acides une action réductrice et les ramène à l'état d'aldéhyde.

Nous avons été ainsi conduits à une nouvelle méthode simple et commode pour transformer les *acides forméniques* en *aldéhydes*.

Sur une traînée d'*oxyde titanique*, maintenue entre 250° et 300°, on dirige les vapeurs du mélange de l'acide avec un excès d'acide formique. L'oxyde titanique étant, dans ces limites de températures, incapable de détruire l'acide en acétone, il n'y aura comme réactions possibles que la destruction de l'acide formique et la réduction de l'acide qu'on veut transformer.

Nous avons fait connaître ([2]) que l'oxyde titanique dédouble exclusivement l'acide formique par déshydratation selon la formule

$$H.CO^2H = CO + H^2O.$$

Il se dégage effectivement un mélange d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique, la proportion de ce dernier gaz pouvant servir en quelque manière de mesure pour l'aldéhyde qui est engendré.

On recueille dans un réfrigérant l'aldéhyde, avec l'eau produite, et les acides non transformés. Si le passage n'est pas trop rapide, l'acide formique disparaît à peu près

---

([1]) Paul Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 175.

([2]) Paul Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1212.

complètement. Il est aisé d'isoler l'aldéhyde, qu'on peut purifier en formant sa combinaison bisulfitique.

Nous avons pu ainsi transformer en aldéhyde :

Acides.	Avec un rendement de :
Acétique	50 pour 100
Propionique	40 »
Butyrique	55 »
Isobutyrique	65 »
Isoamylique	75 »
Isobutylacétique	80 »
Octylique	90 »
Nonylique	85 »

L'acide *nonylique* ou *pélargonique* fournit ainsi l'*aldéhyde pélargonique*, bouillant à 190°-192°, identique à celle qui a été isolée par dédoublement de l'ozonide de l'acide oléique [1] : on recueille en même temps une petite quantité de *pélargone* $(C^8H^{17})^2CO$, cristallisée, fondant à 45°.

Au contraire, la réduction de l'*acide benzoïque*, si facile à atteindre par d'autres voies, n'est pas réalisée avantageusement par l'acide formique. Mais l'*acide phénylacétique*, $C^6H^5.CH^2.CO^2H$, que sa constitution rapproche davantage des acides forméniques, fournit l'*aldéhyde phénylacétique*, avec un rendement voisin de 75 pour 100.

L'*acide crotonique* donne une assez forte proportion de *crotonal*, bouillant à 104°.

La température de 250° est suffisante pour réaliser la réduction ; mais celle-ci est plus rapide et fournit des rendements plus élevés quand on opère au voisinage de 300° ; c'est à cette dernière température que se rapportent les résultats qui précèdent.

L'*oxyde de thorium* exerce sur l'acide formique seul une action différente de celle de l'*oxyde titanique*. Ainsi que nous l'avons indiqué antérieurement [2], il ne produit la destruction qu'*à température plus haute*, en fournissant un dédoublement de nature compliquée. On peut donc prévoir qu'il sera peu avantageux de le substituer à l'oxyde titanique pour provoquer la réduction des acides par l'acide formique, une autre infériorité de la thorine étant qu'elle produit plus facilement la transformation des acides en acétones symétriques. Toutefois, en opérant entre 270° et 300°, nous avons

---

(1) MOLINARI et BAROSI, *Ber. chem. Ges.*, t. XLI, 1908, p. 2794.

(2) PAUL SABATIER et MAILHE, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1212.

pu, sur la thorine, préparer les divers aldéhydes avec des rendements qui vont de 25 à 30 pour 100 et ont atteint 65 pour 100 dans le cas de l'acide isobutylacétique; la formation d'acétones est encore insignifiante dans ces limites de température.

M. A. **Laveran** fait hommage à l'Académie du Tome IV du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Radau*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 52,

MM. Pierre Puiseux obtient	......	45 suffrages
H. Andoyer »	......	7 »

M. P. **Puiseux**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

(Voir p. 627.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Quatre fascicules de la *Collection de Morphologie dynamique*, dirigée par M. Frédéric Houssay. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

2° *Le principe de l'équivalence*, par Émile Schwœrer. (Présenté par M. Lecornu.)

3° *Contribution à l'étude des perles fines, de la nacre et des animaux qui la produisent*, par M. R. Dubois. (Présenté par M. Henneguy.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observation de l'éclipse totale de Soleil à l'île Vavau (Archipel Tonga), le 28 avril 1911.* Note (¹) de M. **Milan Štefánik**, présentée par M. Henri Poincaré.

La zone de la totalité de cette éclipse, partant d'Australie à $8^h 50^m$ T. m. P. aux environs nord-est de Melbourne se dirigeait vers l'île Norfolk, l'archipel Tonga, les îles Danger, les Samoa américaines, pour se perdre enfin près de la côte du Mexique vers $12^h 17^m$. L'île Vavau du groupe du même nom offrait des avantages appréciables par la proximité de la ligne centrale de l'éclipse et ses communications régulières avec le monde extérieur.

Pour y parvenir en temps opportun, j'ai dû quitter le 24 février Tahiti où je poursuivais depuis presque un an des études astronomiques et passer par l'archipel de Cook, la Nouvelle-Zélande et Tongatabu.

A la date de mon arrivée, le 7 avril, la saison des pluies venait de prendre fin, la chaleur se modérait, ce qui facilita les travaux préparatoires. Mes instruments étaient installés sur une colline peu élevée (50^m environ) et située à quelques centaines de mètres du port Neiafu (Lat. S. 18°39′17″,5; Long. W. 173°58′55″).

Soucieux de ne pas toucher à mon installation astronomique au mont Faiere à Tahiti, je n'ai enlevé de cette station que les pièces optiques de quelques instruments et, grâce au bienveillant concours du commandant et des officiers de la canonnière *Zelée*, j'ai construit l'appareil ci-dessous indiqué. Un tube octogonal en bois portait à une extrémité un objectif photographique Schaer (27^{cm} d'ouverture utile et $2^m,35$ de distance focale) et à l'autre extrémité une chambre photographique. Sur le milieu du tube on ajusta un solide collier en fer présentant deux tourillons et supportés par une fourche faite de deux cornières en fer. La fourche reposait sur deux piliers maçonnés avec du corail pris sur place et du ciment dont j'avais eu la précaution de me munir en Nouvelle-Zélande. Dans un pilier, je scellai un appareil réglable en azimut et en hauteur, sur la face supérieure inclinée de l'autre pilier j'ai scellé une plaque métallique, sur laquelle s'appuyait normalement le tourillon inférieur de la fourche. Auprès de ce tourillon se trouvait calé, perpendiculairement à l'axe de la fourche, une demi-roue de $1^m,50$ de diamètre. Elle était reliée par une lame d'acier avec le mouvement

(¹) Présentée dans la séance du 12 février 1912.

d'horlogerie placé sur un support voisin. Sur l'axe d'une des roues qui dépassait la paroi de la boîte d'horlogerie, on avait emmanché solidement une longue vis sur laquelle se déplaçait un écrou relié à la lame de transmission par un étrier en acier. La rigidité de l'étrier et de la lame empêchait l'écrou de tourner avec la vis et l'obligeait à se déplacer longitudinalement, lorsque la vis tournait. Le fonctionnement de cet appareil improvisé a montré une stabilité et une régularité tout à fait satisfaisantes.

Sur le corps de la lunette j'adaptai un spectrographe à réseau. Un réfracto-réflecteur Schaer de 6 pouces muni d'un prisme objectif Schaer fut installé sur un trépied.

Éclipse. — Le jour de l'éclipse le ciel était d'abord couvert, mais bientôt le vent commençait à balayer les nuages.

D'après les calculs, le premier contact devait avoir lieu à Vavau (t. l.) à $8^h 26^m 47^s$; le deuxième à $9^h 37^m 1^s,7$; le troisième à $9^h 40^m 38^s,5$; le quatrième à $10^h 58^m 48^s$.

Je néglige de décrire les phénomènes intéressants mais habituels qui se produisent pendant que l'éclipse n'est que partielle. Je ne veux mentionner que le magnifique halo, les aigrettes entrevues, ainsi que le jeu féerique des nuages irisés, au travers desquels j'admirai le croissant solaire qui diminuait peu à peu pour disparaître derrière un écran de nuages à l'approche du deuxième contact.

Vers $9^h 36^m 40^s$ environ, une obscurité enveloppa subitement le ciel et la terre et produisit l'impression, chez tous les observateurs, que la totalité a commencé; mais, 15 secondes plus tard, pendant un instant, le mince croissant du soleil non éclipsé réapparut. La totalité ne devait donc commencer que 5 ou 6 secondes avant l'heure calculée. L'inondation subite de la lumière nous fit pressentir le troisième contact. Si cette impression est juste, la durée de l'éclipse ne correspondrait pas non plus au temps prévu; elle était de quelques secondes plus courte.

Travaux pendant l'éclipse. — Mon intention était d'obtenir progressivement une série de photographies du soleil éclipsé en utilisant différents écrans et des plaques sensibilisées. Vu l'état du ciel, j'ai modifié mon programme au dernier moment et, profitant des éclaircies pendant la totalité, je me suis contenté d'obtenir, par les procédés habituels, les photographies de la couronne solaire. L'une, de courte durée de pose, me donne la chromosphère et la couronne intérieure; d'autres surtout la couronne extérieure. Sur la photographie (notamment prise au commencement

de la totalité), on remarque que dans la région qui entoure le pôle Nord, il y a à peine de trace de la matière coronale, tandis que celle du Sud est sillonnée de nombreux rayons lumineux qui s'infléchissent (peut-être sous l'influence du champ magnétique du soleil) vers Est et Ouest. Ces fléchissements sont d'autant plus prononcés qu'on s'éloigne du pôle pour aboutir en quatre grands jets lumineux et symétriques des deux côtés de l'équateur, donnant à la couronne la forme habituelle et caractéristique des époques de minima des taches. Plusieurs des rayons se détachent nettement sur le fond lumineux de la couronne intérieure, et on peut les suivre parfois jusqu'à la chromosphère elle-même. Leurs longueurs maxima nettement visibles sur mes photographies atteignent 30′, mais on les soupçonne bien plus loin. Des traces de perturbation se manifestent aux environs Sud-Est et Sud-Ouest, où l'on aperçoit en même temps des protubérances, encadrées souvent par des jets remarquables.

Études spectroscopiques. — L'étude de la couche renversante n'était pas possible, le ciel étant voilé au moment précis des deuxième et troisième contacts. Par contre, j'ai obtenu des photographies du spectre de la couronne avec le spectrographe, qui était réglé de manière à enregistrer une partie restreinte de la région où se trouvent les raies de 5303 de longueur d'onde.

La photographie obtenue montre un spectre continu, sur le fond duquel se détache la raie indiquée. En examinant attentivement cette raie (qui est du reste faible, mais large), on est tenté de lui trouver plutôt l'aspect d'une bande dégradée que d'une simple raie.

Pendant quelques instants je pus jeter un coup d'œil dans mon 6 pouces muni d'un prisme objectif. Mon attention fut attirée immédiatement par l'image monochromatique de la couronne extérieure formée par le coronium, tandis que je la cherchais vainement dans les autres radiations. La distribution de la matière coronale autour du disque solaire est, d'après ces observations visuelles, analogue à celle que nous montrent les photographies; cependant, il m'a semblé apercevoir la présence de coronium dans les régions éloignées assez uniformément répandue autour du disque, tandis qu'en s'en approchant il disparaissait aux pôles d'accord avec les photographies.

J'ai, en terminant, un devoir agréable à remplir, c'est d'adresser mes remercîments, d'abord au Bureau des Longitudes, dont la confiance m'a honoré et m'a facilité mon voyage, et aussi à tous ceux qui m'ont secondé dans mon entreprise.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La classification des ensembles de mesure nulle et la théorie des fonctions monogènes uniformes.* Note de M. **Émile Borel.**

Toutes les fonctions définissables analytiquement ayant les mêmes propriétés générales lorsqu'on exclut les ensembles de mesure nulle ([1]), une classification de ces ensembles doit précéder l'étude approfondie des propriétés de classes particulières de fonctions. Je baserai cette classification sur la notion d'ensemble régulier, convenablement précisée ([2]). Un ensemble régulier (de mesure nulle) est défini par une infinité énumérable de points fondamentaux A_n à chacun desquels est attachée une infinité énumérable de domaines de forme régulière (carrés ou cercles dans le cas de deux dimensions) $D_n^{(r)}$, tels que $D_n^{(r)}$ contienne $D_n^{(r+1)}$ et que les séries $\sigma_r = \sum_n D_n^{(r)}$ convergent pour toute valeur de r, les sommes σ_r tendant vers zéro pour r infini.

Étant donnée une série convergente à termes positifs, l'inverse du reste R_n est une fonction croissante de n. L'ordre d'infinitude de cette fonction sera, par définition, l'ordre de convergence de la série. Étant donnée une infinité énumérable de séries convergentes, telles que σ_r, *l'ordre asymptotique* de convergence est, par définition, un ordre (qu'on choisira pratiquement le plus grand possible), tel que l'ordre de convergence de la série σ_r lui devienne supérieur à partir d'une certaine valeur de r. Cet ordre est aussi, par définition, l'ordre asymptotique de l'ensemble régulier auquel correspondent les séries σ_r. *L'ordre d'un ensemble de mesure nulle est le plus grand possible des ordres asymptotiques des ensembles réguliers qui le renferment.* Cette définition ne permet pas toujours de déterminer l'ordre avec précision, mais elle fournit en tout cas une limite inférieure de cet ordre, c'est-à-dire permet d'affirmer qu'il est supérieur à un ordre connu. C'est sous cette forme qu'on utilisera généralement la notion de l'ordre.

On sait que la notation des ordres d'infinitude présente des analogies

---

([1]) Voir mes Notes du 7 décembre 1903 et du 12 février 1912.

([2]) Voir ma Note du 6 mars 1911; le point nouveau que j'introduis ici est la forme régulière des domaines d'exclusion; cette modification n'altère pas la proposition fondamentale : tout ensemble de mesure nulle peut être regardé comme faisant partie d'un ensemble régulier.

avec celle des nombres transfinis (de seconde classe), avec laquelle elle est à peu près dans le même rapport que la notation des nombres rationnels (fractions continues limitées) avec celle des entiers ([1]). L'ordre d'un ensemble énumérable dépasse tout nombre assignable de seconde classe; on peut le noter Ω; la question de savoir si tous les ensembles d'ordre Ω sont nécessairement énumérables intéressera peut-être ceux qui attribuent un sens aux spéculations dans lesquelles interviennent *tous* les nombres de seconde classe.

La considération des ordres permet d'étendre beaucoup la notion du domaine d'existence des fonctions monogènes uniformes, cette extension étant assujettie à comprendre comme cas particulier la théorie de Weierstrass. J'avais déjà fait des tentatives dans ce sens et les résultats que j'avais obtenus ([2]) prouvent que les définitions qui vont être données ne sont pas simplement une généralisation théorique, mais qu'il existe effectivement des fonctions monogènes satisfaisant à ces définitions et échappant à celle de Weierstrass. Seulement, ces résultats ne s'appliquaient qu'à des classes de fonctions très particulières, du moins en apparence, définies par certains développements en série, de forme donnée *a priori;* tandis que je prends actuellement pour base la définition générale de la fonction monogène, d'après Cauchy.

DÉFINITION. — *Une propriété quelconque est dite vérifiée asymptotiquement d'ordre α dans un domaine* D, *lorsqu'elle est vérifiée en tout point de ce domaine, à l'exclusion d'un certain ensemble de mesure nulle, d'ordre supérieur à α.*

THÉORÈME. — *Il existe un ordre α tel que, si la définition classique des fonctions monogènes uniformes est vérifiée asymptotiquement d'ordre α dans un domaine* D *d'un seul tenant par une fonction $f(x+iy)$, cette fonction ne peut être nulle sur un petit arc sans être nulle partout (en tout point où elle est définie). On peut, pour fixer les idées, prendre $\alpha = \omega^\omega$.*

([1]) Voir mes *Leçons sur la théorie de la croissance.* Je rappelle qu'il est toujours possible, étant donné un système de notations, de fabriquer des ordres d'infinitude dépassant ce système. Tout système de notations bien défini est donc exposé à être inapplicable ou en défaut. Mais, inversement, si l'on a à envisager un système quelconque d'ordres, on pourra toujours fixer des notations suffisantes. Nous n'avons besoin, dans ce qui suit, que de la connaissance des premières notations, qui sont classiques.

([2]) Voir notamment mon Mémoire *Sur les séries de polynomes et de fractions rationnelles* (*Acta matematica,* t. XXIV).

Il est évident que le théorème ne subsisterait pas si l'on prenait $\alpha \leqq 1$, car le domaine D pourrait alors ne pas rester d'un seul tenant, après l'exclusion de l'ensemble de mesure nulle. La question se pose donc de déterminer l'ordre le moins élevé possible α (compris entre 2 et ω^{ω}), tel que le théorème subsiste.

La démonstration de ce théorème est essentiellement basée sur l'intégrale de Cauchy [1]; elle conduit aisément à une représentation analytique générale des fonctions monogènes uniformes, qui comprend comme cas particulier celle de M. Mittag Leffler [2]. En employant le langage des nombres transfinis (il y aurait lieu de faire des réserves sur l'emploi de Ω, mais je m'en sers uniquement pour faire image), on peut dire que le cas traité par M. Mittag Leffler (ensembles réductibles) correspond à l'hypothèse que l'ordre α de l'ensemble des points singuliers atteint Ω (ou peut-être même à un cas particulier de cette hypothèse); nous sommes arrivés à remplacer Ω par ω^{ω}; il sera sans doute possible de diminuer encore beaucoup la valeur de α, et l'on arrivera peut-être à l'abaisser jusqu'à la valeur $1 + \varepsilon$.

Ce qui est acquis, c'est la possibilité de tirer de la définition de Cauchy, vérifiée en certains ensembles de points, ensembles qui peuvent n'être denses nulle part [3], la conséquence essentielle sur laquelle Weierstrass a basé sa théorie des fonctions analytiques : deux fonctions qui coïncident sur un petit arc coïncident dans tout leur domaine d'existence. La conception de Cauchy est ainsi débarrassée d'une partie au moins des restrictions que lui avait apportées Weierstrass.

---

(1) J'utilise, bien entendu, les propriétés énoncées dans ma Note du 12 février 1912.

(2) *Acta matematica*, t. IV. Bien entendu, ces fonctions possèdent aussi des développements en séries de polynomes de forme M (théorème de l'étoile de M. Mittag Leffler généralisé) déterminés d'une manière unique par la connaissance des dérivées en un point.

(3) Il est évident que ces ensembles (domaines d'où l'on exclut des ensembles de mesure nulle d'ordre $\geqq \alpha$) forment un groupe, en ce sens que l'ensemble des points communs à deux d'entre eux constitue un ensemble de même nature (mais qui peut ne plus être d'un seul tenant), car la somme de deux ensembles de mesure nulle d'ordre supérieur ou égal à α est évidemment un ensemble de mesure nulle d'ordre supérieur ou égal à α. Ceci permet de prouver que les opérations sur les fonctions monogènes généralisées conduisent à des fonctions monogènes, dans les mêmes conditions où les opérations sur les fonctions analytiques de Weierstrass conduisent à des fonctions analytiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes fonctionnels et les équations intégro-différentielles linéaires.* Note de M. E. **Vessiot**, présentée par M. Émile Picard.

1. Le *noyau de la transformation générale* (type de Volterra)

$$(1) \qquad \mathrm{F}(x) = f(x) + \int_0^x \mathrm{V}(a_1, \ldots, a_r \mid x, y) f(y)\, dy$$

d'un groupe continu fini $\mathcal{G}$ est la solution, qui s'annule avec les a_k, de l'un ou l'autre des systèmes intégro-différentiels linéaires :

$$(2) \qquad \sum_{k=1}^{r} \alpha_{hk}(a_1, \ldots, a_r) \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial a_k} = \mathrm{W}_h + \overline{\mathrm{V}\mathrm{W}_h} \qquad (h = 1, 2, \ldots, r),$$

$$(3) \qquad \sum_{k=1}^{r} \beta_{hk}(a_1, \ldots, a_r) \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial a_k} = \mathrm{W}_h + \overline{\mathrm{W}_h \mathrm{V}} \qquad (h = 1, 2, \ldots, r),$$

où les W_h sont des fonctions de (x, y) seulement, liées par les relations

$$(4) \qquad (\overline{\mathrm{W}_h, \mathrm{W}_k}) = \sum_{s=1}^{r} c_{hks} \mathrm{W}_s.$$

Dans ces équations, le symbole de composition $\overline{\varphi\psi}$ (Volterra) et le *crochet* $(\overline{\varphi, \psi})$ qui a des propriétés semblables à celui de Jacobi, signifient, pour deux fonctions de (x, y) quelconques,

$$\overline{\varphi\psi} = \int_x^y \varphi(x, u)\, \psi(u, y)\, du; \qquad (\overline{\varphi, \psi}) = \overline{\varphi\psi} - \overline{\psi\varphi}.$$

Les premiers membres des équations (2), (3) sont les symboles infinitésimaux des deux groupes paramétriques d'un groupe ponctuel de Lie G, isomorphe à $\mathcal{G}$; les constantes c_{hks} sont ses constantes de structure.

2. Les fonctions W_h définissent entièrement $\mathcal{G}$. On obtient V, sous forme canonique, par l'équation unique

$$(5) \qquad \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial t} = \mathrm{W} + \overline{\mathrm{V}\mathrm{W}} \qquad \left(\mathrm{W} = \sum_{k=1}^{r} e_k \mathrm{W}_k;\ a_k = e_k t\right),$$

ou par la formule symbolique équivalente

$$V = -1 + e^{\overline{W}} \qquad (a_k = e_k). \tag{6}$$

En d'autres termes, $\mathcal{G}$ est engendré par les *transformations infinitésimales* (¹)

$$\delta f(x) = \delta t \int_0^x W(x, y) f(y)\, dy. \tag{7}$$

Pour $r = 1$, on retrouve la *transcendante de Volterra* et son théorème d'addition.

3. Les *réciproques* des théorèmes précédents sont vraies (²).

4. La théorie qui précède est liée à l'étude de l'équation (5), où W serait maintenant une fonction quelconque de (x, y, t) (³). On démontre, par la méthode des approximations successives, qu'elle a une solution s'annulant avec t. La méthode de la variation des constantes donne la solution générale

$$V = \omega + C + \overline{C\omega}, \tag{8}$$

où C est une fonction arbitraire de (x, y) et ω une solution particulière quelconque. Cette formule met en évidence un groupe qui joue, *à tous les points de vue*, le rôle du groupe linéaire homogène dans la théorie des équations différentielles linéaires ordinaires (singularités, réductibilité, etc.). W est l'expression d'un *invariant intégro-différentiel* caractéristique de ce groupe.

Cette même formule (8) permet d'appliquer la méthode de la variation

---

(¹) M. Kovalewski a considéré des transformations fonctionnelles infinitésimales de types plus généraux (*Comptes rendus*, 26 décembre 1911). Il a démontré aussi que chaque transformation du type de Volterra est engendrée par des transformations infinitésimales (*Comptes rendus*, 13 novembre 1911).

(²) Tout ceci s'applique aux opérations de Fredholm. On a alors des groupes finis de toute structure dont les transformations infinitésimales sont de la forme

$$\sum_{ij} m_{ij} \xi_i(x) \eta_j(y).$$

(³) Et de l'équation $\frac{\partial V}{\partial t} = W + \overline{WV}$, dont les propriétés sont corrélatives.

des constantes à l'équation plus générale

(9) $$\frac{\partial Z}{\partial t} = \overline{ZF} + \Phi,$$

qui s'intègre, au moyen de (5), d'une équation de Volterra de seconde espèce, et d'une quadrature. Dans le cas $\Phi = 0$, la solution de (9) est simplement

(10) $$Z = C + \overline{C\omega} \qquad (C = \text{fonct. arbitr. de } x, y).$$

5. De l'équation (5) on passe, de proche en proche, au système

(11) $$\frac{\partial V}{\partial a_i} = F_i + \overline{VF_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

à condition qu'on ait les conditions d'intégrabilité

(12) $$\frac{\partial F_i}{\partial a_k} - \frac{\partial F_k}{\partial a_i} = (\overline{F_i, F_k}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n).$$

6. Les théories précédentes sont susceptibles de nombreuses généralisations. La méthode de passage du fini à l'infini permet de considérer des groupes dépendant de fonctions arbitraires, en introduisant des dérivées fonctionnelles. La méthode de la variation des constantes s'étend à des équations intégro-différentielles linéaires d'ordre supérieur.

NOMOGRAPHIE. — *Sur l'équation à 4 variables d'ordre nomographique 4.* Note [1] de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Une telle équation peut se ramener à la forme

(1) $$f_1 f_2 f_3 f_4 + \Sigma B_{pq} f_p f_q + \Sigma C_r f_r + D = 0.$$

Les conditions du groupement $F_{12} = F_{34}$ sont (Soreau et Clark)

(2) $$\frac{C_1 C_3}{B_{13}} = \frac{C_1 C_4}{B_{14}} = \frac{C_2 C_3}{B_{23}} = \frac{C_2 C_4}{B_{24}} = 2k$$

avec $2k = D - B_{12} B_{34}$. La proposée peut alors s'écrire

(3) $$\frac{f_1 f_2 + B_{34}}{C_1 f_1 + C_2 f_2 + 2k} = -\frac{1}{2k} \frac{C_3 f_3 + C_4 f_4 + 2k}{f_3 f_4 + B_{12}}.$$

[1] Présentée dans la séance du 19 février 1912.

« Partant de là, dit M. d'Ocagne (¹), M. Soreau a fait cette ingénieuse remarque que l'on pouvait, en appelant f la valeur commune de ces rapports, représenter chacune des deux équations en ff_1f_2, ff_3f_4, par un nomogramme conique en faisant coïncider à la fois les supports coniques et rectilignes de chacun d'eux. » A la vérité, on ne peut, en général, réaliser cette coïncidence ; elle ne résulte même pas, *ipso facto*, des conditions

$$(4) \qquad \frac{C_1C_2}{B_{12}} = \frac{C_3C_4}{B_{34}} = 2k,$$

que j'ai établies, et que M. d'Ocagne se proposait de retrouver par sa remarquable notion des *points critiques*. Toutefois, cette notion conduit bien aux conditions (2) et (4). Voici quel est alors le schéma de la théorie générale qui peut être donnée.

I. Si le groupement $F_{12} = F_{34}$ est possible, la proposée est représentable par un nomogramme à quatre échelles rectilignes, réelles ou non. Soit P_{12} le point critique à l'intersection des échelles 1, 2 ; aux deux cotes de P_{12} correspondent des valeurs $f_1 = \sigma_1$, $f_2 = \sigma_2$ pour lesquelles (1) est satisfaite quels que soient f_3 et f_4. On a donc

$$\begin{aligned} \sigma_1\sigma_2 + B_{34} &= 0,\\ C_1\sigma_1 + C_2\sigma_2 + 2k &= 0,\\ B_{13}\sigma_1 + B_{23}\sigma_2 + C_3 &= 0,\\ B_{14}\sigma_1 + B_{24}\sigma_2 + C_4 &= 0. \end{aligned}$$

Posons

$$C_n\sigma_n = s_n, \qquad \frac{B_{pq}}{C_pC_q} = u_{pq}.$$

Ces quatre relations, jointes à celles que donne le point critique P_{34}, montrent que s_1 et s_2, s_3 et s_4, sont respectivement racines de

$$\begin{aligned} s^2 + 2ks - C_1C_2B_{34} &= 0,\\ s^2 + 2ks - C_3C_4B_{12} &= 0, \end{aligned}$$

de discriminants

$$\begin{aligned} \Delta &= k^2 + C_1C_2B_{34},\\ \Delta' &= k^2 + C_3C_4B_{12}. \end{aligned}$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 144, 1er semestre 1907, p. 1027.

Il reste alors les quatre équations de condition :

$$u_{13}s_1 + u_{23}s_2 + 1 = 0,$$
$$u_{14}s_1 + u_{24}s_2 + 1 = 0,$$
$$u_{13}s_3 + u_{14}s_4 + 1 = 0,$$
$$u_{23}s_3 + u_{24}s_4 + 1 = 0,$$

qui admettent la solution $u_{13} = u_{14} = u_{23} = u_{24} = \frac{1}{2k}$: d'où les relations (2).

La proposée est toujours représentable par un nomogramme à deux coniques **C** et **C**′ ; on peut remplacer **C** (ou **C**′) par deux échelles rectilignes si Δ (ou Δ') $\geqq 0$, condition pour que **C** (ou **C**′) coupe réellement la ligne de pivot **D**.

C et **C**′ ne peuvent donc coïncider si $\Delta\Delta' < 0$. Quand elles coïncident, elles coupent **D** aux mêmes points, réels ou imaginaires, dont les cotes en s ont même valeur sur **C** et sur **C**′ ; on a donc $\Delta = \Delta'$, d'où

$$C_1 C_2 B_{34} = C_3 C_4 B_{12},$$

ce qui entraîne les conditions (4). Mais ces conditions n'imposent pas la coïncidence : c'est ce que je vais montrer, en indiquant les changements de fonctions qui la réalisent.

II. Posons

$$C_n f_n = t_n, \qquad -C_1 C_2 C_3 C_4 = 2km, \qquad -C_1 C_2 B_{34} = p, \qquad -C_3 C_4 B_{12} = q.$$

L'équation (3) peut s'écrire

$$\frac{t_1 t_2 - p}{t_1 + t_2 + 2k} = m\,\frac{t_3 + t_4 + 2k}{t_3 t_4 - q} \qquad \text{ou} \qquad \begin{vmatrix} t_1 & t_1^2 + 2kt_1 + p & 0 & 1 \\ t_2 & t_2^2 + 2kt_2 + p & 0 & 1 \\ m & 0 & t_3^2 + 2kt_3 + q & t_3 \\ m & 0 & t_4^2 + 2kt_4 + q & t_4 \end{vmatrix} = 0,$$

déterminant générateur de nomogrammes coniques à double alignement. Les deux coniques de ces nomogrammes sont distinctes, même avec les relations (4), qui donnent $m = p = q$; elles sont alors homographiques des deux coniques

$$mx^2 - xy + 2kx + 1 = 0, \qquad mx^2 - y + 2kx + 1 = 0.$$

Faisons les changements de fonctions

$$t_3 = q'\,\frac{\theta_3 + 2k + q'}{\theta_3 - q'}, \qquad t_4 = q'\,\frac{\theta_4 + 2k + q'}{\theta_4 - q'}, \qquad \text{avec} \qquad q' = \sqrt{q} \qquad \text{si } q > 0,$$

ou

$$t_3 = q'' \frac{\theta_3 + 2k - q''}{\theta_3 - q''}, \qquad t_4 = -q'' \frac{\theta_4 + 2k + q''}{\theta_4 + q''}, \qquad \text{avec} \qquad q'' = \sqrt{-q} \qquad \text{si } q < 0.$$

Dans l'un et l'autre cas, on obtient

$$\frac{t_1 t_2 - p}{t_1 + t_2 + 2k} = \frac{m}{q} \frac{\theta_3 \theta_4 - q}{\theta_3 + \theta_4 + 2k} \quad \text{ou} \quad \begin{vmatrix} t_1 & t_1^2 + 2kt_1 + p & 0 & m \\ t_2 & t_2^2 + 2kt_2 + p & 0 & m \\ \theta_3 & 0 & \theta_3^2 + 2k\theta_3 + q & q \\ \theta_4 & 0 & \theta_4^2 + 2k\theta_4 + q & q \end{vmatrix} = 0.$$

Pour $m = p = q$, ce déterminant fournit une famille homographique de nomogrammes monoconiques, parmi lesquels mon type de nomogramme circulaire à alignement parallèle. On peut *toujours* leur substituer des nomogrammes à deux échelles rectilignes à double graduation, même si Δ et Δ', devenus égaux, sont négatifs ; mais, dans ce dernier cas, il faut recourir à une transformati n transcendante, ainsi que je l'ai établi.

MÉCANIQUE. — *Sur l'emploi des accouplements élastiques dans les transmissions des automobiles.* Note de M. **A. Petot**.

Les moteurs à explosion ayant un couple très irrégulier, on a été tout naturellement conduit à employer sur les automobiles les joints élastiques de transmission; je vais essayer de marquer dans cette Note les conditions à remplir dans l'établissement de ces organes. Supposons que le joint soit placé sur l'arbre primaire, entre l'embrayage et la boîte des vitesses. Les éléments à considérer sont le couple moteur C, sa valeur moyenne C_m, le nombre n de ses périodes par tour de l'arbre, le moment d'inertie I de cet arbre limité au joint, sa vitesse angulaire ω, le moment d'inertie réduit I′ de la voiture, le couple de rappel a du joint pour un angle de torsion égal à l'unité, le couple d'amortissement b pour une vitesse de torsion égale aussi à l'unité et, enfin, le rendement ρ de la transmission à partir du joint. On est conduit à poser

$$\frac{1}{I} + \frac{\rho}{I'} = \frac{1}{I''}, \qquad \frac{b}{I''} = 2\lambda, \qquad \frac{a}{I''} + \eta^2, \qquad n\omega = K,$$

ce qui fait intervenir dans la question un troisième moment d'inertie I″ et trois vitesses angulaires λ, η et K.

Les calculs sont trop complexes pour être donnés ici, ils montrent le rôle

essentiel d'un coefficient numérique

$$u = \sqrt{\frac{\eta^4 + 4\lambda^2 K^2}{(\eta^2 - K^2)^2 + 4\lambda^2 K^2}}, \tag{1}$$

par lequel on doit multiplier l'amplitude des variations cycliques du couple C′ transmis par un arbre rigide, pour obtenir cette même amplitude dans le cas d'un arbre avec joint élastique. Le joint est donc utile ou nuisible suivant que ce coefficient est inférieur ou supérieur à l'unité. De là cette condition

$$K > \eta\sqrt{2} \tag{2}$$

qui doit être largement vérifiée, car c'est seulement à partir de la valeur $K = \eta\sqrt{2}$ que le joint cesse d'agir à contre-sens en amplifiant les variations du couple transmis C′.

Dans un intéressant Mémoire *Sur l'emploi des ressorts à grande flexion pour la régularisation du mouvement des moteurs*, où j'ai trouvé d'utiles indications pour la présente étude, M. Lecornu est aussi arrivé à l'inégalité précédente ([1]). Comme le sujet traité (moteur à couple régulier actionnant à la fois une dynamo d'éclairage et une pompe) est très différent du nôtre, il est probable que cette inégalité marque une condition générale d'établissement des transmissions élastiques.

On rencontre ici, dans le cas des automobiles, une difficulté très sérieuse, tenant à ce que le paramètre K dépend de l'allure du moteur et le moment d'inertie I″ de la combinaison de vitesse sur laquelle on marche. Il faut, en conséquence, s'arranger de manière que l'inégalité (2) soit encore vérifiée dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire en première vitesse, pendant la marche au ralenti.

D'autre part, comme la fraction $\frac{\eta^4}{(K^2 - \eta^2)^2}$ est alors inférieure à l'unité, on l'augmente en ajoutant le produit $4\lambda^2 K^2$ à ses deux termes; il y a donc intérêt à diminuer le plus possible le paramètre d'amortissement b auquel le facteur λ de ce produit est proportionnel. On arrive à la même conclusion quand on considère la perte d'énergie

$$T_p = 2\pi C_m \frac{I''\lambda K C_m}{I^2[(K^2 - \eta^2)^2 + 4\lambda^2 K^2]} \tag{3}$$

qui se produit dans le joint. Nous donnons ici sa valeur dans le cas du

---

([1]) Lecornu, *Revue de Mécanique*, octobre 1909, p. 321.

quatre-cylindres; elle est encore plus élevée relativement pour le deux-cylindres, et surtout pour le mono-cylindre. Cette perte est doublement nuisible, d'abord parce qu'elle abaisse le rendement du mécanisme, et ensuite parce qu'elle peut amener un échauffement excessif du joint, ce qu'il faut éviter à tout prix.

On trouve enfin que le joint augmente l'accélération angulaire instantanée dans la première partie de l'arbre moteur, et cela d'autant plus que son fonctionnement est plus avantageux. L'inverse a lieu pour le reste du mécanisme; mais, comme les trépidations se produisent surtout dans la région du moteur, on ne doit pas s'attendre à ce que l'emploi d'un joint élastique améliore sensiblement le bien-être du voyageur, mais seulement à ce qu'il en résulte une usure moins rapide du mécanisme. C'est là un bénéfice d'ordre économique, qui ne peut guère être constaté que par des essais prolongés, faits sur route dans les conditions ordinaires du tourisme.

On aurait tort de commencer par des essais sur le mono-cylindre, sous prétexte que ce moteur est celui qui a le plus besoin d'être amélioré. Il faut en effet se placer dans les meilleures conditions possibles pour la vérification de l'inégalité (2), afin de faire porter uniquement les recherches sur le choix et la disposition de la matière élastique, ressorts métalliques ou masses de caoutchouc, dont le joint doit être formé. Le quatre-cylindres est au contraire tout indiqué, bien qu'il puisse se passer de joint, parce que le paramètre Ky est égal à 2ω, tandis qu'il a la valeur $\frac{\omega}{2}$, quatre fois plus faible, dans le cas du mono-cylindre.

Jusqu'ici nous avons supposé que le joint est placé sur l'arbre primaire; on peut aussi le mettre sur l'arbre secondaire. Le problème s'étudie comme dans le premier cas; on arrive encore à l'inégalité (2), mais avec des valeurs un peu différentes de η et de λ. Si l'on désigne par m' le coefficient de démultiplication de l'arbre primaire à l'arbre secondaire, on trouve cette fois

$$\eta^2 = \frac{a}{m'^2 I''} \qquad \text{et} \qquad 2\lambda = \frac{b}{m'^2 I''}.$$

Il est alors plus facile de satisfaire à la condition précédente à toutes les allures du moteur, ce qui est un réel avantage, mais, par contre, la boîte des vitesses se trouve comprise dans la région où les accélérations sont amplifiées; c'est donc seulement l'expérience qui pourra nous fixer sur la meilleure place à donner au joint.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur le décalage entre la force perturbatrice et le mouvement contraint*. Note [1] de M. E. FICHOT, présentée par M. H. Poincaré.

Considérons un système mécanique constitué par un ensemble de points discrets animés d'un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe et dont les positions, rapportées à un trièdre mobile invariable ayant cet axe comme arête, dépendent de n paramètres q_i.

Une composante isochrone perturbatrice, définie par la valeur $e^{\lambda t}\sum_i K_i \delta q_i$ du travail virtuel correspondant aux accroissements virtuels δq_i, engendrera une oscillation contrainte isochrone complexe [2],

$$q_i = -\frac{1}{2} e^{\lambda t} \sum_{j=1}^{j=2n} \left(\frac{\lambda_j \alpha_{ij}}{\lambda - \lambda_j} \sum_{h=1}^{h=n} K_h \beta_{hj} \right),$$

λ et les K sont des constantes données; les λ_j sont les $2n$ racines de l'équation $\Delta(\lambda) = 0$ et leur connaissance entraîne celle des quantités imaginaires conjuguées α_{ij} et β_{ij}.

La somme $\sum_h K_h \beta_{hj} = T_j$ est une expression imaginaire fonction de j seulement, et le produit $T_j e^{(\lambda - \lambda_j)t}$ représente le travail virtuel des forces extérieures pour un déplacement virtuel égal à l'oscillation propre complexe $q_i = \beta_{ij} e^{-\lambda_j t}$.

En général, dans l'oscillation contrainte, il existera un décalage quelconque entre la phase d'un point du système et celle de la force perturbatrice qui lui est directement appliquée.

Si nous posons, en effet,

$$\alpha_{ij} = \rho_{ij}\, e^{\sqrt{-1}\varphi_{ij}}, \qquad \beta_{ij} = \rho_{ij}\, e^{-\sqrt{-1}\varphi_{ij}},$$
$$\lambda = \mu\sqrt{-1}, \qquad \lambda_j = \mu_j\sqrt{-1},$$
$$K_i\, e^{\lambda t} = r_i\, e^{\sqrt{-1}(\mu t + \psi_i)};$$

nous aurons

$$T_j = \sum_h K_{hj} \beta_{hj} = \sum r_h \rho_{hj}\, e^{\sqrt{-1}(\psi_h - \varphi_{hj})} = R_j\, e^{\sqrt{-1}\theta_j},$$
$$q_i = \frac{1}{2} \sum_j \frac{\mu_j}{\mu - \mu_j} \rho_{ij} R_j\, e^{\sqrt{-1}(\mu t + \varphi_{ij} + \theta_j - \pi)}.$$

---

[1] Présentée dans la séance du 19 février 1912.

[2] H. POINCARÉ, *Théorie des marées*, § 10, 15.

q_i se trouve être ainsi le vecteur résultant $B_i e^{\sqrt{-1}(\mu t+\delta_i)}$ de $2n$ vecteurs, de modules et d'arguments différents. La différence $\delta_i - \psi_i$ sera donc généralement quelconque, et variable d'un paramètre à l'autre, puisque δ dépend des divers modules, des φ et des θ, c'est-à-dire de tous les ψ.

Pour que l'on ait $\delta_i - \psi_i = 0$, *quel que soit* i, il faudrait qu'il existât une relation très particulière entre la constitution mécanique du système et la fonction des coordonnées par laquelle s'exprime l'action perturbatrice.

Le théorème de Laplace, en vertu duquel il n'y a pas de décalage entre la marée et le potentiel perturbateur dans une mer dont la profondeur est fonction de la latitude, nous en fournit un exemple.

Il est possible de formuler une condition analogue applicable au système que nous envisageons.

Soient deux paramètres quelconques d'indices i et h. Considérons l'oscillation propre de période $\tau_j = \frac{2\pi}{\mu_j}$; μ_j est une vitesse angulaire que nous appellerons vitesse *d'oscillation* pour la distinguer de la vitesse angulaire de *propagation* $\frac{\mu_j}{\varphi_{ij} - \varphi_{hj}}$ relative aux deux paramètres. De même, la force perturbatrice aura une vitesse angulaire de propagation $\frac{\mu}{\psi_i - \psi_h}$.

A ces vitesses de propagation correspondent des longueurs d'onde $\frac{2\pi}{\varphi_{ij} - \varphi_{hj}}$ pour l'oscillation propre et $\frac{2\pi}{\psi_i - \psi_h}$ pour la force perturbatrice.

Supposons maintenant le système constitué de sorte que les diverses longueurs d'onde correspondant à des paramètres quelconques donnés soient respectivement les mêmes dans toutes les oscillations propres; supposons de plus la loi de variation de la force telle que ses longueurs d'onde soient égales à celles de ces oscillations.

On aura alors, pour toutes les valeurs de j et quels que soient i et h,

$$\varphi_{ij} - \varphi_{hj} = \psi_i - \psi_h.$$

Tous les θ_j deviennent par suite égaux à une constante θ telle que $\varphi_{ij} + \theta = \psi_i$, et l'on a

$$q_i = \frac{1}{2} e^{\sqrt{-1}(\mu t - \psi_i)} \sum \frac{\tau}{\tau - \tau_j} \rho_{ij} R_j.$$

Il y aura donc bien, pour tous les paramètres, concordance de phase avec la force (à π près, suivant le signe de l'expression sous le signe Σ).

La condition énoncée est suffisante, mais elle est trop restrictive. Dans les conditions où s'applique le théorème de Laplace, l'égalité n'est pas

nécessaire, le non-décalage résulte de ce que les diverses longueurs d'onde sont simplement commensurables.

En cas de résonance, il ne subsiste plus qu'un seul terme dans l'expression de q_i, et l'analyse précédente s'applique immédiatement. Les vitesses d'oscillation étant alors les mêmes, la condition de non-décalage sera que la vitesse de propagation de l'oscillation propre, par rapport à deux paramètres quelconques, soit la même que celle de la force perturbatrice; de plus, ici, cette condition sera *nécessaire.* Suivant que la période de la force sera légèrement supérieure ou inférieure à celle de l'oscillation propre, il y aura concordance directe ou inversion.

Si l'on néglige la force centrifuge composée, tous les arguments φ sont nuls ou égaux à π. Il y aura toujours concordance (directe ou inversée) si la force perturbatrice a même phase relativement à tous les paramètres et, en cas de résonance, la concordance ne pourra avoir lieu si cette condition n'est pas réalisée.

Cependant, si l'équation aux périodes admettait une racine double, on pourrait avoir une oscillation propre, présentant une vitesse de propagation; et, en cas de résonance avec cette oscillation, la condition de non-décalage consisterait encore dans l'égalité de sa vitesse de propagation avec celle de la force [1].

AÉROTECHNIQUE. — *Étude de surfaces d'aéroplanes au chariot électrique.* Note [2] de MM. **Ch. Maurain** et **A. Toussaint**, présentée par M. P. Appell.

Les seules mesures précises qu'on possède jusqu'ici de l'action de l'air sur des surfaces analogues aux ailes d'aéroplanes ont été obtenues avec des modèles réduits exposés à un courant d'air.

Nous avons étudié cette action en disposant les surfaces sur un chariot qui se déplace sur une ligne électrique. Les mesures portent sur des surfaces du même ordre de grandeur que les ailes d'aéroplanes et peuvent être faites dans de bonnes conditions jusqu'à la vitesse de 23^m par seconde.

La ligne électrique, à voie normale de $1^m,44$, a une longueur de 1350^m. La puissance électrique communiquée au chariot actuellement en service

(1) Cf. H. Poincaré, *Théorie des marées*, § 19, 79.

(2) Présentée dans la séance du 19 février 1912.

peut atteindre normalement 130 chevaux et même davantage pendant la courte durée d'un voyage du chariot. Le poids de celui-ci est de 5^t. Cette installation a été établie sous la direction de M. A. Hugon.

Le chariot a été muni d'un montage permettant d'enregistrer pendant son mouvement : 1° l'action verticale de l'air sur la surface étudiée, ou Poussée; 2° l'action horizontale ou Traînée; 3° un couple de rotation duquel on déduit la position du point où la résultante des actions de l'air coupe la surface.

La partie la plus basse des surfaces étudiées est au moins à $2^m,75$ au-dessus du bâti du chariot.

La vitesse du chariot par rapport au sol est mesurée simultanément de deux manières : 1° par un cinémomètre enregistreur donnant la vitesse instantanée; 2° par un chronographe enregistrant un contact électrique à chaque tour d'un axe lié aux essieux.

La vitesse qui importe est la vitesse par rapport à l'air; il serait désirable de ne faire de mesures que par vent presque nul, mais ce serait se condamner à n'en faire presque jamais. L'expérience montre que lorsque la vitesse du vent n'est pas supérieure à $2^m,50$ environ, on peut faire dans de bonnes conditions une correction consistant à ajouter algébriquement à la vitesse du chariot, par rapport au sol, la composante de la vitesse du vent parallèle à la ligne.

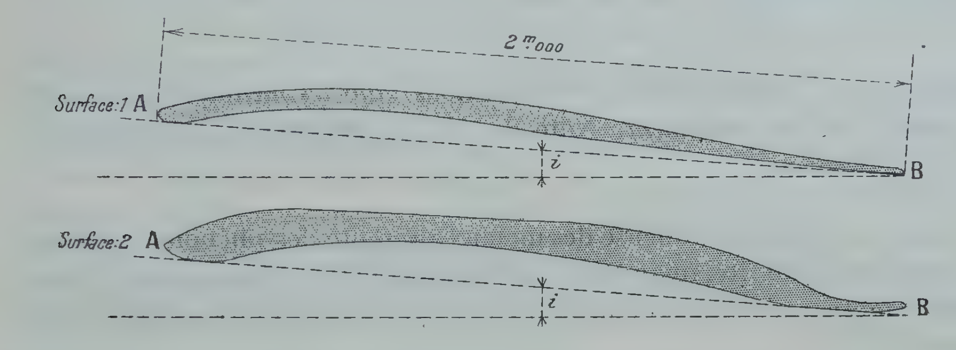
L'action verticale de l'air sur le montage qui porte la surface est tout à fait négligeable. Il n'en est pas de même de l'action horizontale sur ce montage. Celle-ci a été déterminée à part avec soin; mais comme aux faibles inclinaisons elle devient une partie importante de l'action horizontale totale, nous avons repris pour chaque surface les mesures relatives aux faibles inclinaisons en supprimant toute la partie supérieure du montage et en posant simplement la surface sur des tasseaux effilés (ce dispositif ne permet pas la détermination de la position du centre de poussée); on fait naturellement encore la correction de l'action de l'air sur le reste du montage. Nous avons constaté que les valeurs ainsi obtenues s'accordent de manière satisfaisante avec celles obtenues à l'aide du montage ordinaire.

Voici, comme exemple, les résultats relatifs à deux surfaces courbes que M. Maurice Farman a fait établir spécialement pour ces expériences, mais construites exactement comme des ailes d'aéroplanes ; elles ont chacune 5^m d'envergure et 2^m de profondeur, et leur profil est représenté dans la figure 1. Les coefficients K_y et K_x sont les coefficients unitaires correspondant aux actions verticale et horizontale de l'air, rapportées à 15° et 760^{mm};

c'est-à-dire que l'action verticale par exemple sur 1^{m^2} de surface, est représentée en kilogrammes par

$$K_y V^2,$$

V étant la vitesse en mètres par seconde, qui a varié entre 18^m et 23^m. La



distance du centre de poussée au bord d'attaque est donnée en fraction de la profondeur de la surface. L'inclinaison *i* est l'angle du plan tangent AB avec un plan horizontal.

	Première surface.					Deuxième surface.				
Angle *i* inclinaison.	K_y.	K_x.	$\frac{K_x}{K_y}$.	Angle de la résultante avec la verticale.	Distance relative du centre de poussée au bord d'attaque.	K_y.	K_x.	$\frac{K_x}{K_y}$.	Angle de la résultante avec la verticale.	Distance relative du centre de poussée au bord d'attaque.
— 2°	0,0106					0,0212	0,00280	0,132	7°,51	
0	175	0,00240	0,137	7°,80	0,430	270	280	0,104	5,93	
2	240	220	0,092	5,20	0,393	322	293	0,091	5,20	0,472
4	305	225	0,074	4,23	0,365	372	320	0,086	4,92	0,427
6	372	257	0,069	3,95	0,340	425	378	0,089	5,08	0,390
8	438	313	0,0715	4,09	0,318	478	452	0,0945	5,40	0,358
10	505	400	0,079	4,53	0,298	530	550	0,104	5,93	0,330
12	570	535	0,094	5,37	0,287	582	670	0,115	6,57	0,309
14	626	702	0,112	6,38	0,294	634	832	0,131	7,47	0,290
16	671	0,00920	0,137	7,48	0,320	679	0,0105	0,155	8,82	0,280
18	0,0700	0,0118	0,168	9,53	0,355	708	134	0,189	10,70	0,281
20						0,0730	0,00169	0,231	13	0,301

On voit que la poussée est plus grande pour la surface n° 2 que pour la surface n° 1, surtout aux faibles inclinaisons ; mais la traînée est également plus grande, et les valeurs $\frac{K_x}{K_y}$ sont plus faibles pour la surface n° 2. La dis-

tance du centre de poussée au bord d'attaque passe par un minimum qui correspond à environ 12° pour la surface n° 1, et 17° pour la surface n° 2. Ces angles sont supérieurs aux angles d'aviation. Ainsi, aux angles d'aviation, le centre de poussée s'éloigne du bord d'attaque à mesure que l'inclinaison diminue.

ÉLASTICITÉ. — *Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts. Cas du plissement.* Note de M. **L. Hartmann**, présentée par M. L. Lecornu.

La déformation permanente des métaux présente des phénomènes d'une très grande régularité, quand elle est accompagnée de plissements. L'expérience montre qu'elle obéit alors à des lois qu'il a paru intéressant de déterminer [1].

L'objet de cette Note est d'indiquer la nature de quelques-uns des phénomènes étudiés.

1° Un tube cylindrique de laiton écroui, ayant 70^{mm} de diamètre extérieur, 1^{mm} d'épaisseur et 60^{mm} de hauteur, se transforme, quand on l'aplatit dans le sens de sa longueur entre les plateaux d'une presse hydraulique, en une série d'assises normales à l'axe, sensiblement identiques entre elles et dont chacune se compose de quatre segments.

Dans chaque assise, les segments sont séparés par des contreforts équidistants, parallèles à l'axe, et la section droite médiane donne intérieurement une figure constituée par quatre côtés ayant à peu près le même tracé ; ces côtés sont rectilignes en leur milieu, et ils se terminent, à leurs deux extrémités, par une partie légèrement arrondie. Les contreforts d'une assise sont en regard du milieu des côtés des assises immédiatement voisines. La projection des plissements successifs sur un plan normal à l'axe forme, dans ces conditions, un octogone régulier. Chaque contrefort se prolonge, des deux côtés de l'assise à laquelle il appartient, par des bourrelets qui le raccordent aux deux contreforts les plus voisins des assises contiguës.

Si l'on trace sur la surface extérieure les lignes médianes des bourrelets et des contreforts, on obtient, en imaginant le cylindre ramené à sa forme primitive, puis développé sur un plan, des hexagones accolés les uns aux autres. Dans chacun de ces hexagones, les côtés correspondant aux bourrelets sont égaux, et inclinés d'un même angle ξ sur la direction des génératrices du cylindre. Les côtés correspondant aux contreforts sont aussi égaux, et ils sont parallèles à cette même direction.

---

(1) C'est la subvention que l'Académie a bien voulu mettre à ma disposition sur le fonds Bonaparte qui m'a permis de procéder à cette détermination.

Suivant les dimensions des cylindres, la nature du métal et la préparation des surfaces d'appui, les côtés de la section droite médiane de chaque assise de plis sont au nombre de deux, trois, quatre, cinq, six, etc.

Les plis ne se forment pas simultanément sur toute la hauteur du cylindre. Le plus généralement on distingue d'abord, sur toute la hauteur, des bourrelets circulaires n'ayant qu'un relief peu accentué; la déformation se localise ensuite dans les deux bourrelets extrêmes, dont le diamètre croît progressivement avec la pression.

Enfin, tandis que l'un de ces bourrelets demeure stationnaire, l'autre s'accentue et prend une forme polygonale dont la netteté augmente peu à peu, jusqu'à l'aplatissement complet de l'assise correspondante.

Les plis initiaux ont quelquefois une répartition hélicoïdale; mais la projection de leur ensemble sur un plan normal à l'axe donne alors le même contour polygonal que dans le cas précédent.

2° Avec des tubes à section elliptique on obtient également des plissements distribués régulièrement; mais, d'une part, les déformations ont pour plan de symétrie le plan passant par l'axe du tube et par le petit axe de l'ellipse; d'autre part, les plis sont d'inégale importance dans chaque assise, et les plus accusés sont ceux qui correspondent au plus grand rayon de courbure.

3° Un cylindre creux emboîté sur un mandrin et comprimé sur ses tranches se déforme suivant des plissements circulaires équidistants dont le nombre est fonction du diamètre, de l'épaisseur et de la nature du métal.

4° Un tube fermé aux deux bouts et rempli d'un liquide, puis comprimé dans le sens de sa longueur, forme aussi des bourrelets, combinés avec le gonflement du tube; le plus souvent, le raccourcissement est limité aux deux bourrelets voisins des bases et la partie médiane subit une dilatation uniforme; toute cette région se recouvre alors de réseaux hélicoïdaux.

5° La compression en long de tubes à section carrée produit, sur les faces parallèles, des saillants et des rentrants se succédant à intervalles égaux, disposés en regard les uns des autres sur les deux faces, et correspondant respectivement à des rentrants et à des saillants des deux autres faces. La section droite médiane de chaque plissement est par suite un rectangle à sommets arrondis et les rectangles de deux assises contiguës se projettent sur un plan normal à l'axe, en découpant entre eux un carré.

6° M. Schoentjes [1] a déjà signalé que, lorsque l'on comprime des

---

[1] *Sur les déformations que font naître dans un hémisphère creux métallique*

hémisphères de laiton entre deux plans parallèles, dont l'un est appuyé sur le grand cercle qui leur sert de base, la déformation commence par le sommet de l'hémisphère, qui s'appuie d'abord sur le plan de contact et se creuse ensuite au-dessous de ce plan en conservant la forme d'un solide de révolution. Mais, pour une valeur plus grande de l'aplatissement, le métal se plisse suivant des plans diamétraux, en continuant à s'éloigner de la surface de l'appui. Les plis ainsi formés sont également espacés, et leur nombre dépend, pour chaque métal, des dimensions de l'hémisphère. On observe des phénomènes analogues, quand l'hémisphère est attaqué avec des poinçons de formes variées.

En répétant ces expériences avec des hémisphères sectionnés parallèlement à leur base et formant des séries graduées, comme diamètre et comme épaisseur, j'ai constaté que, dans ces différents cas, la déformation de la calotte sphérique s'arrête, à partir d'une valeur déterminée du raccourcissement, et que l'aplatissement de l'hémisphère continue par le plissement de sa partie inférieure, dont la surface se comporte alors comme une surface cylindrique.

Dans toutes les expériences qui font l'objet de la présente Note, les plissements sont indépendants, comme forme et comme nombre, de la loi de croissance de l'effort; en particulier le choc, quelle qu'en soit la modalité, donne, pour des diminutions égales de la hauteur, les mêmes résultats que la pression lente.

L'un des procédés employés pour cette étude a consisté à cinématographier [1] les pièces pendant l'opération de la compression, à raison de quinze images environ par seconde. La comparaison des images successives a fourni le moyen de se rendre compte de la progression des déformations avec une facilité et une précision que l'observation directe et les mesurages n'auraient pu procurer.

---

le choc et la pression d'un corps dur (*Bull. Acad. roy. de Belgique*, t. XX, 1890, p. 295, et t. XXXV, 1898, p. 270).

[1] Les opérations de cinématographie ont été effectuées avec le concours de la Société des Établissements Gaumont.

PHYSIQUE. — *Évaporation des liquides assez fortement surchauffés en présence de leur vapeur.* Note de M. **Marcelin**, présentée par M. G. Lippmann.

L'étude de la vaporisation d'un liquide placé dans l'air ne renseigne que sur la diffusion de la couche de vapeur saturée qui surmonte ce liquide.

Gernez, pour étudier les vitesses d'évaporation, utilisa un dispositif, en principe, plus correct : *le liquide est placé seulement en présence de sa propre vapeur maintenue constamment à une pression inférieure à la tension maxima.*

Des recherches récentes m'ont montré qu'en fait cette méthode ne donne pas, même d'une manière approchée, la valeur vraie des vitesses d'évaporation ; le phénomène étudié, extrêmement rapide, est ici encore masqué par un autre beaucoup plus lent. Un liquide un peu surchauffé s'évapore certainement très vite; doit-on conclure de là qu'il passe instantanément à l'état de gaz? En aucune façon : *sa surface, par le jeu même de l'évaporation, se refroidit et se met en équilibre avec la vapeur qui le surmonte.* Dans ces conditions, *la quantité de liquide qui, dans un temps donné, prend la forme gazeuse, dépend seulement de l'afflux de chaleur à la surface.*

En général, il sera très difficile d'obtenir une valeur exacte de cet afflux de chaleur, ce n'est que dans des cas très particuliers que son évaluation pourra se faire d'une manière simple; j'indiquerai ici l'un d'eux à titre d'exemple.

Évaporation dans des tubes étroits et très minces. — Le liquide étudié est placé dans un tube de verre de rayon r très petit (moins de $1^{mm},5$); un tube de dégagement amenant la vapeur sous une colonne de mercure de hauteur fixée, la pression P qu'exerce cette vapeur dans l'appareil est connue. Le tout est plongé dans un bain de température T_B; la vitesse d'évaporation v se mesurait en observant l'abaissement du liquide dans le tube à expérience.

Dans un tube très étroit l'apport de chaleur se fait surtout par la paroi; en effet, d'une part, la mobilité du liquide est très faible; d'autre part, la section proportionnelle au carré du rayon est négligeable devant le périmètre qui, lui, est proportionnel au rayon.

La surface du liquide étant à la température T_P pour laquelle il y a équilibre entre la vapeur à la pression P et le liquide, on peut écrire en

première approximation que la chaleur Q qui entre dans le tube par unité de temps est égale à

$$Q = \alpha r (T_B - T_P),$$

α désignant une constante.

D'autre part, le refroidissement produit dans le même temps par l'évaporation est

$$Q = \pi r^2 v d L_P,$$

d désignant la densité du liquide et L_P sa chaleur latente à la température T_P de sa surface.

En égalant ces deux expressions, il vient

$$v = \frac{M(T_B - T_P)}{r d L_P},$$

M étant une constante.

Cette formule est vérifiée par l'expérience au degré d'approximation que l'on peut en attendre.

1° *La vitesse d'évaporation est une fonction très sensiblement linéaire de la température* T_B *du bain.*

Exemple. — Liquide étudié : *Éther.* Diamètre extérieur du tube de verre, $0^{mm},22$; diamètre intérieur, $0^{mm},15$; pression de la vapeur dans l'appareil, $P = 80^{cm}$ de mercure. Température d'équilibre correspondante, $T_P = 36°,4$.

Température du bain T_B...	42°,7	47°,5	51°,8	60°,9	63°,7
Vitesse en cm : sec........	0,064	0,109	0,182	0,238	0,260
$10^4 \frac{v}{T_B - T_P}$	101	98	93	97	95

Les valeurs de v mentionnées ici sont les plus grandes que j'ai pu déterminer; on pourra donc les prendre comme une *limite très inférieure* des vitesses vraies d'évaporation.

Dans des tubes plus larges les vitesses sont beaucoup moindres. Dans un tube de $3^{mm},33$ de diamètre extérieur et de $2^{mm},63$ de diamètre intérieur, les vitesses sont plus de dix fois plus petites pour les mêmes conditions de température et de pression.

La droite qui donne v en fonction de la température coupe l'axe des températures au point T_P; cette droite se déterminant très facilement, on voit qu'*il y a là un moyen commode pour la mesure des tensions de vapeur d'un* LIQUIDE PUR.

2° Si, dans les mêmes conditions de température et de pression, on mesure les vitesses d'évaporation v_1 et v_2 dans des tubes *minces de même épaisseur* mais de rayons différents r_1 et r_2, on doit avoir

$$v_1 r_1 = v_2 r_2.$$

Voici, avec de l'éther, les valeurs obtenues à 55° sous la pression de 80^{cm} de mercure pour deux tubes minces de même épaisseur, $0^{mm},29$:

Premier tube........	$v_1 = 0,0171$ cm : s	$r_1 = 1^{mm},28$	$v_1 r_1 = 0,022$
Deuxième tube......	$v_2 = 0,0242$ cm : s	$r_2 = 0^{mm},86$	$v_2 r_2 = 0,021$

La vitesse d'évaporation diminue lorsque l'épaisseur des parois augmente.

3° La vitesse d'évaporation d'un liquide A ayant été étudiée dans un tube, la formule donnée permet de prévoir la vitesse d'évaporation d'un autre liquide B dans ce même tube; à la condition, du moins, de connaître pour les deux liquides la densité et la chaleur latente.

Les vérifications tentées dans ce sens sont exactes à 5 pour 100 près.

Il résulte de l'étude précédente que l'*on ne peut espérer mesurer les vitesses vraies d'évaporation (et aussi de sublimation) qu'en se plaçant dans des conditions où elles sont relativement lentes*. Je poursuis actuellement une série de recherches sur les liquides et les solides *très faiblement surchauffés*.

PHYSIQUE. — *Essai d'une méthode qui permet de déduire le rapport des chaleurs spécifiques des gaz de mesures de volumes.* Note de M. **M. Guéritot**, présentée par M. E. Bouty.

Si un volume de gaz V_1 est comprimé à température constante, son volume et sa pression variant de ΔV_1 et ΔP_1; si un autre volume V_2 du même gaz, pris dans les mêmes conditions de température et de pression, est comprimé sans échange de chaleur ; et si, de plus, $\frac{\Delta V_1}{V_1}$ et $\frac{\Delta V_2}{V_2}$ sont suffisamment petits, les variations de volume et de pression sont liées par la relation

$$\frac{C}{c} = \frac{\frac{1}{V_1}\frac{\Delta V_1}{\Delta P_1}}{\frac{1}{V_2}\frac{\Delta V_2}{\Delta P_2}}.$$

Cette relation, indépendante de la loi de compressibilité du gaz, peut être utilisée de différentes façons pour mesurer $\frac{C}{c}$.

Avec un appareil construit de telle sorte que $V_1 = V_2$ et $\Delta V_1 = \Delta V_2$, le rapport $\frac{C}{c}$ est donné par le quotient des deux accroissements de pression. C'est la méthode la plus souvent employée pour mesurer $\frac{C}{c}$.

Au contraire, avec un appareil construit de telle sorte que $\Delta P_1 = \Delta P_2$, la mesure de $\frac{C}{c}$ est ramenée à des mesures de volumes, car dans ce cas la relation précédente devient

$$\frac{C}{c} = \frac{V_2}{V_1} \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2}.$$

J'ai construit un appareil qui m'a permis de mesurer $\frac{C}{c}$ par cette méthode pour l'air et l'acide carbonique. La concordance des nombres ainsi obtenus avec ceux obtenus par d'autres méthodes a été satisfaisante. L'appareil est figuré ici schématiquement. J'ai été guidé, pour les détails de sa construction, par les dispositions imaginées par M. Maneuvrier pour mesurer $\frac{C}{c}$ (1).

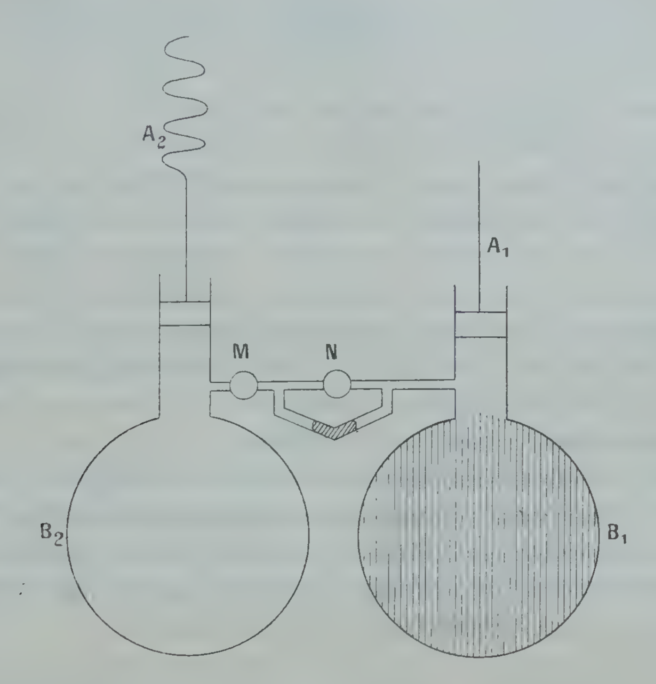
Le gaz à étudier est renfermé dans deux ballons B_1 et B_2 placés dans une enceinte à température constante. Le ballon B_1 est destiné à la compression isotherme. Pour accélérer le retour de la température du gaz à sa valeur initiale après l'échauffement dû à la compression, le ballon est rempli de fils de fer qui multiplient la surface de paroi en contact avec le gaz. Le ballon B_2 est destiné à la compression adiabatique. Il offre une surface de paroi minima et son piston est déplacé très rapidement, mû par un ressort. Les deux ballons sont réunis par un tube portant un manoscope. En N se trouve un robinet ordinaire. En M se trouve un robinet qui peut être tourné soit à la main, soit à l'aide d'un ressort qui, déclenché par un électro-aimant, lui fait faire un demi-tour, de sorte qu'il ne reste alors ouvert que pendant la durée très courte du passage de la lumière du robinet devant l'orifice du tube réunissant les deux ballons.

Une mesure s'exécute de la façon suivante :

Au départ, les robinets M et N sont ouverts et le gaz se trouve à la même température et à la même pression dans les deux ballons. On ferme le robinet M. On déplace le piston A_1. Puis, après une attente suffisante pour que le gaz B_1 soit revenu à sa température initiale, on ferme le robinet N et l'on déclenche le ressort, qui déplace brusquement le piston A_2. Celui-ci, en arrivant à fond de course, établit un courant électrique qui commande instantanément le robinet M. Par tâtonnement, on règle les

(1) *Thèse de Physique*, Paris, 1895, Gauthier-Villars.

courses des pistons de telle sorte que, dans une expérience, l'index du manoscope ne se déplace pas pendant la courte durée d'ouverture du robinet M. Alors on a réalisé



des compressions isothermes et adiabatiques égales, $\Delta P_1 = \Delta p_2$ et il suffit de mesurer les déplacements des pistons pour pouvoir calculer $\frac{C}{c}$ d'après la formule précédente.

Avec des ballons de 60[l] de capacité, des cylindres de 5[cm] de diamètre et des courses de pistons variant de 5[cm] à 10[cm], avec une durée de déplacement du piston A_2 de 0,06 seconde et une durée d'ouverture du robinet M de 0,04 seconde, on a trouvé, dans les conditions normales de température et de pression :

	$\frac{C}{c}$.
Pour l'air ordinaire renfermant CO^2 et H^2O	$1,39_4$
Pour l'air sec et sans CO^2	$1,40_3$
Pour CO^2 sec renfermant 0,005 d'air	$1,29_1$

Cette méthode a été imaginée pour mesurer directement $\frac{C}{c}$ à des pressions et à des températures élevées.

L'appareil est complètement clos et la pression du gaz qu'il renferme ne change rien à son fonctionnement. Enfin tout l'appareil peut être placé dans un thermostat chauffé à une température quelconque.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la perméabilité du fer pour l'hydrogène.* Note de MM. **G. Charpy** et **S. Bonnerot**, présentée par M. Le Chatelier.

On sait depuis longtemps, notamment par les recherches de MM. Sainte-Claire Deville et Troost et par celles de M. Cailletet, que le fer se laisse traverser par l'hydrogène, soit à température élevée, soit même à froid lorsque l'hydrogène est produit au contact même du métal, par action d'un acide ou par électrolyse; mais les expériences effectuées sur ce sujet ne comportent pas de déterminations quantitatives; nous avons cru utile de reprendre l'étude de ce phénomène qui joue certainement un rôle dans la question des gaz occlus par les aciers et qui, en dehors de son intérêt propre, pourrait apporter quelques éclaircissements sur le mécanisme des phénomènes osmotiques en général.

Le fer paraît, en effet, constituer vis-à-vis d'un mélange de gaz contenant de l'hydrogène, une paroi rigoureusement semi-perméable. La vérification de ce fait présente quelques difficultés provenant de ce que, aux températures où se manifeste la perméabilité, les fers et aciers placés dans le vide laissent dégager de gaz d'une façon presque indéfinie.

Nous avons employé des tubes en acier doux, obtenus par forages de barres pleines de 20^{mm} de diamètre, pour être sûrs d'éviter toute solution de continuité. Ces tubes avaient une épaisseur de paroi de 3^{mm} environ et présentaient une paroi amincie à $0^{mm},5$ en général, soit sur la base, soit sur une partie cylindrique. L'intérieur du tube était en communication avec une pompe à mercure qui permettait d'en extraire les gaz et d'y maintenir une pression constante. Le tube était placé à l'intérieur d'un tube en porcelaine qu'un four électrique à résistance permettait de chauffer à une température déterminée et dans lequel on pouvait faire circuler divers gaz.

Si, dans ces conditions, on fait le vide dans le tube d'acier en faisant circuler autour de l'azote pur, on constate que le faible dégagement gazeux observé au début va en diminuant, se comporte exactement comme les dégagements de gaz fournis par les aciers chauffés dans le vide et correspond à une vitesse du même ordre de grandeur. On est donc conduit à conclure que l'azote ne traverse pas les parois d'acier; nous avons vérifié le résultat jusqu'à 800° et en maintenant la pression intérieure pendant plusieurs jours à moins de $0^{mm},1$ de mercure. Si, au contraire, on fait passer autour du tube d'acier un mélange gazeux contenant de l'hydrogène, on constate que ce gaz traverse la paroi avec une vitesse qui dépend de l'épaisseur et surtout de la température, jusqu'à ce que la pression de l'hydrogène soit la même de part et d'autre de la paroi métallique. En faisant varier la pression au moyen de la pompe, on peut donc à volonté accélérer ou retarder le passage de l'hydrogène et en renverser le sens.

L'osmose est pratiquement nulle au-dessous de 325° environ, dans les

conditions où nous avons opéré. Avec un même appareil, porté successivement à des températures croissantes, en maintenant à l'extérieur de l'hydrogène pur à la pression atmosphérique et à l'intérieur une pression de $0^{mm},2$ environ, nous avons obtenu les vitesses de passage indiquées ci-dessous, en centimètres cubes de gaz recueillis par heure :

A 350°	cm³ 1,1
A 450	3,2
A 550	8,5
A 750	30,0
A 850	42,0

D'autre part, en comparant dans les mêmes conditions deux tubes dans lesquels les parois amincies avaient respectivement $0^{mm},5$ et 2^{mm}, nous avons obtenu une vitesse de passage à peu près trois fois plus grande dans le premier cas que dans le second. Ces chiffres, que nous cherchons actuellement à préciser par de nouveaux essais, n'ont pas de valeur absolue parce que, dans les expériences prolongées, toutes les régions du tube interviennent et que l'osmose se produit par suite à travers des parois d'épaisseur variable et portées à des températures variables; ils donnent néanmoins une première idée de la grandeur du phénomène.

Le phénomène de l'osmose à froid de l'hydrogène naissant est très différent, notamment en ce qu'il est irréversible. On peut l'observer, soit en plaçant la membrane en expérience dans un liquide acide qui l'attaque en dégageant de l'hydrogène, soit en prenant cette membrane comme électrode négative dans un voltamètre avec une solution de soude comme électrolyte. Nous avons employé presque exclusivement ce dernier procédé qui permet seul des expériences prolongées, puisqu'il ne produit pas d'altération de la membrane. Encore faut-il employer certaines précautions pour éviter à coup sûr toute altération, attaque ou dépôt superficiel, notamment n'employer que de la soude pure et ne mettre que du platine au contact du liquide en dehors de la membrane en expérience.

Le dispositif que nous avons employé comportait un tube d'acier préparé comme il est dit plus haut et dont l'intérieur pouvait être mis en communication avec une pompe ou avec un manomètre métallique.

Nous avons constaté que l'osmose se produit avec le fer et l'acier de différentes nuances et qu'elle paraît nulle avec le cuivre. L'osmose ne se produit que si l'hydrogène est dégagé sur la membrane même; si l'on place celle-ci à quelques millimètres au-dessus de l'électrode négative, l'osmose ne se produit plus.

La vitesse de passage, toutes choses égales d'ailleurs, varie avec l'épaisseur de la membrane et avec la nature du métal; la pression intérieure paraît diminuer aussi la vitesse de passage, quoique d'une façon très variable, suivant le métal employé; mais le fait qui nous paraît surtout mériter d'être signalé, c'est que l'osmose se continue même avec des pressions intérieures relativement élevées.

Les expériences que nous avons effectuées jusqu'ici, pour déterminer s'il y avait une pression intérieure capable de limiter le phénomène et dont quelques-unes ont duré plus de deux mois, ont toujours été interrompues par la formation d'une fissure dans le métal ou dans l'une des soudures, mais elles montraient une augmentation continue quoique très lente de la pression intérieure. La pression la plus élevée que nous ayons pu mesurer atteignait 14^{atm} et l'osmose ne semblait pas avoir tendance à s'arrêter. Dans des expériences qualitatives, nous avons observé des déformations permanentes des membranes qui correspondaient certainement à une pression notablement supérieure. On peut donc dire que, s'il y a une pression intérieure qui limite l'osmose de l'hydrogène naissant à travers le fer, elle est sensiblement supérieure à 14^{atm}.

Les différents résultats obtenus paraissent d'accord avec l'hypothèse de la formation d'une solution d'hydrogène dans le fer. Nous comptons revenir, après de nouvelles expériences, sur cette interprétation, ainsi que sur certains faits qui indiquent que l'hydrogène acquiert une activité chimique spéciale en traversant le fer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la comparaison des molécules gazeuse et dissoute.* Note de M. **P. Langevin**, présentée par M. E. Bouty.

Dans deux Notes insérées aux *Comptes rendus* des 29 janvier et 12 février, M. Colson compare les lois de dissociation du peroxyde d'azote gazeux et dissous dans le chloroforme; il croit pouvoir conclure à une différence et en tirer une confirmation de ses idées, contraires à la théorie classique des solutions, ainsi que la réponse à une objection que je lui ai adressée.

Je ne suis d'accord avec M. Colson ni sur les faits, ni sur les idées. Voyons d'abord les faits.

Il résulte des mesures de densité gazeuse du peroxyde d'azote faites par M. Natanson et que M. Colson s'est donné la peine de reprendre, que

la loi d'action de masse est bien vérifiée quand on admet dans le gaz la présence simultanée de molécules Az^2O^4 et AzO^2.

En partant des mesures colorimétriques faites par M. Cundall sur les solutions chloroformiques de peroxyde d'azote, et en admettant que la réaction de dissociation a lieu entre les mêmes molécules que dans le gaz, M. Ostwald a obtenu encore une bonne confirmation de la loi d'action de masse *pour des solutions suffisamment diluées*, comme le montrent les chiffres suivants, extraits du même Tableau que ceux cités par M. Colson dans sa Note du 29 janvier :

Taux volum. de la solution....	2,5	2	1,6	1,4	0,8
Valeur de la constante........	104	98	104	106	100

La concordance peut être considérée comme excellente, étant donnée la difficulté des mesures colorimétriques, et le fait que le résultat de ces mesures intervient par son carré dans le calcul de la constante.

Les divergences soulignées par M. Colson proviennent toutes de solutions plus concentrées que les précédentes; l'écart le plus important, correspondant à la valeur 143 de la constante, est relatif à une solution contenant un *dixième* de son volume de peroxyde d'azote liquide, c'est-à-dire à un milieu très différent de celui des solutions diluées, et la théorie ne prévoit nullement que la loi d'action de masse doive se vérifier dans ces conditions.

Cette dernière solution est à peu près une solution normale de peroxyde Az^2O^4, c'est-à-dire correspond à une pression osmotique supérieure à 20^{atm}, alors que les expériences relatives à l'état gazeux ont toutes été faites sous des pressions inférieures à 1^{atm}. Il conviendrait, me semble-t-il, de se placer, pour le gaz et la solution, dans des conditions comparables, et les résultats que j'ai rappelés montrent qu'en solution diluée, comme à l'état gazeux, la dissociation du peroxyde d'azote suit exactement la même loi d'action de masse. Il est donc raisonnable d'en conclure que les mêmes molécules Az^2O^4 et AzO^2 interviennent dans un cas comme dans l'autre.

Au point de vue des idées, il me semble que M. Colson s'est mépris sur le sens de mon objection. Loin d'être basé, comme il le dit, sur une assimilation de la particule dissoute et de la molécule, mon raisonnement *aboutit* à cette assimilation pour les substances dont la pression osmotique est égale à la pression gazeuse dans les mêmes conditions de température et de concentration. J'ai simplement rappelé que le théorème d'équipartition, fondamental en théorie cinétique, exige que l'énergie cinétique moyenne

de translation soit la même pour toutes les particules, gazeuses ou dissoutes, quelle que soit leur nature. Son exactitude a d'ailleurs été vérifiée expérimentalement jusque pour les énormes particules étudiées par M. Perrin. Il en résulte que la constante de Van 't Hoff, dans l'expression de la pression osmotique, doit être égale à la constante R des gaz parfaits et non double comme le suppose M. Colson, ni triple, quadruple, etc., comme il devrait le supposer pour n'être en aucun cas obligé d'admettre la dissociation électrolytique.

J'avoue enfin ne pas comprendre les arguments que M. Colson tire de considérations thermiques : il n'est pas surprenant que le phénomène thermique accompagnant la dissolution d'une substance diffère de celui qui accompagne sa vaporisation dans le même volume. La présence du solvant change les conditions si profondément qu'on ne peut songer à comparer la chaleur latente de vaporisation et la chaleur de dissolution. Dans le premier cas il n'intervient que les actions de cohésion entre les molécules de la substance vaporisée, dans le second les actions entre solvant et corps dissous jouent un rôle essentiel. La théorie exige seulement, et l'expérience confirme, que l'énergie moyenne d'agitation ne change pas.

Pour la même raison, je ne comprends pas l'argument relatif aux transformations du phosphore.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen des dérivés organométalliques mixtes du zinc. Cycloacétals mixtes.* Note de M. **E.-E. Blaise**, présentée par M. A. Haller.

Les acides-alcools α peuvent être facilement transformés en chlorures d'acides, si l'on a soin de protéger la fonction alcool par une éthérification préalable. Les chlorures ainsi obtenus devraient réagir, normalement, sur les dérivés organo-zinciques mixtes pour donner les éthers de cétones-alcools α. J'ai déjà montré, antérieurement, que ce procédé est applicable à la préparation des cétones β :

$$R-CH(O-CO-R)COCl + R-Zn-I = ZnICl + R-CH(O-CO-R)-CO-R.$$

Mais l'expérience montre que la réaction s'effectue dans un autre sens. On obtient des composés qui répondent bien à la formule prévue, mais dont la constitution est toute différente. Leur hydrolyse au moyen des alcalis donne, en effet, non pas un acide et une cétone-alcool α, mais une

cétone à fonction simple, avec régénération de l'acide-alcool primitif. La cétone obtenue dérive d'ailleurs de l'alcoyle du composé organométallique et de l'acidyle qui éthérifie la fonction alcool de l'acide-alcool. Ce dédoublement suffit à établir la constitution du produit de la réaction et qui ne peut être que la suivante :

$$\begin{array}{c} R - CH - CO \\ | \quad\quad | \\ O \quad\quad O \\ \diagdown \diagup \\ R - C - R \end{array}$$

La formation de tels corps s'explique d'ailleurs aisément. En effet, le dérivé organométallique porte son action, non pas sur la fonction chlorure d'acide, mais sur le groupement CO de la fonction éther-sel et, par élimination consécutive d'un sel de zinc aux dépens de l'atome d'halogène de la fonction chlorure d'acide, on obtient un composé à chaîne fermée qui possède précisément la constitution précédente :

$$R - CH\begin{cases} CO - Cl \\ O - CO - R \end{cases} + R - Zn - I = R - CH\begin{cases} CO - Cl \\ O - C\begin{cases} O - Zn - I \\ R \\ R \end{cases} \end{cases}$$

$$R - CH\begin{cases} CO - Cl \\ O - C\begin{cases} O - Zn - I \\ R \\ R \end{cases} \end{cases} = ZnICl + R - CH\begin{cases} CO - O \\ \quad\quad\quad | \\ O \text{———} CR^2 \end{cases}$$

Les corps de ce type, actuellement connus, sont fort peu nombreux et dérivent d'ailleurs, non pas de cétones, mais d'aldéhydes. On ne peut guère citer que le chloralide, l'éther éthylidène lactique, l'éther trichloréthylidène lactique et l'éther trichlorétylidène-glycolique, qu'on obtient par des procédés tout différents et non utilisables, au point de vue synthétique. Ils ne portent d'ailleurs pas de nom générique et pour la commodité du langage je les désignerai sous celui de *cycloacétates mixtes*. On peut en effet les envisager comme des acétals cycliques mixtes (éthers-sels et éthers-oxydes) dérivés des cétones et des aldéhydes.

Cycloacétal lactique de la méthyl-n-propylcétone,

$$CH^3 - CH\begin{cases} COO \\ O \end{cases}C(CH^3)(C^3H^7). \qquad Éb_{22} : 90^o.$$

Cycloacétal oxyisobutyrique de la méthyl-éthylcétone,

$$(CH^3)^2CH\langle{}^{CO-O}_{O}\rangle C(CH^3)(C^2H^5). \qquad Éb_{13} : 64°.$$

Cycloacétal oxycaproïque de la méthyl-éthylcétone,

$$CH^3(CH^2)^3-CH\langle{}^{COO}_{O}\rangle C(CH^3)(C^2H^5). \qquad Éb_{12} : 103°.$$

Cycloacétal oxyheptylique de la méthyl-éthylcétone,

$$CH^3-(CH^2)^4-CH\langle{}^{COO}_{O}\rangle C(CH^3)(C^2H^5). \qquad Éb_{12} : 115°.$$

La propriété de fournir des cycloacétals appartient également aux chlorures d'acides-éthers-sels dérivés des acides-phénols ortho. C'est ainsi que le chlorure de l'acide acétylsalicylique donne par action de l'iodure de zincéthyle, le *cycloacétal salicylique de la méthyl-éthylcétone*

$$C^6H^4\langle{}^{COO}_{O}\rangle C(CH^3)(C^2H^5).$$

Le chlorure *p*-acétoxybenzoïque se comporte, au contraire, normalement.

En dehors de l'intérêt qui s'attache à leur formation, les cycloacétals seraient sans utilité pratique s'ils conduisaient seulement, par leur dédoublement hydrolytique, à des cétones à fonction simple, ces cétones pouvant toujours être obtenues, directement, par action des chlorures d'acides sur les dérivés organozinciques mixtes. Mais leur emploi se trouve tout indiqué dans les cas assez nombreux où les chlorures d'acides à fonction complexe réagissent d'une manière anormale sur les dérivés organométalliques du zinc. C'est ainsi qu'on ne peut obtenir la chlorométhylpropylcétone qu'à l'état de traces, par action du chlorure de chloracétyle sur l'iodure de zinc propyle. Mais si l'on condense le chlorure chloracétyllactique avec le même dérivé organozincique, on obtient le cycloacétal correspondant, dont le dédoublement hydrolytique fournit aisément la cétone cherchée. Je montrerai dans des Notes ultérieures que cette méthode indirecte permet de préparer synthétiquement de nombreux corps, appartenant à des séries fort diverses : aldéhydes, cétones mono- et polyhalogénées, acides α-cétoniques, etc.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les oxyhydrofuranes*. Note de M. **Georges Dupont**, présentée par M. A. Haller.

L'*oxyhydrofurane* (I) a été obtenu il y a peu de temps par M. Pariselle [1]. Possédant un procédé aisé de préparation de quelques *cétohydrofuranes* (II), procédé que j'ai décrit dans deux Notes récentes [2], il m'a

β CHOH——CH² β'
α CH²\ /CH² α'
O
(I)

CO——CH²
R_1\ /R_1
R_2/ O \\R_2
(II)

semblé intéressant d'essayer d'obtenir, à partir de ces corps, quelques homologues de l'oxyfurfurane. Deux voies étaient indiquées pour atteindre le but poursuivi, l'une conduisant aux oxyfuranes à fonction alcool secondaire, l'autre aux dérivés à fonction alcool tertiaire.

A. *Oxyhydrofuranes à fonction alcool secondaire.* — On peut prévoir la formation de tels corps par l'hydrogénation des cétohydrofuranes.

Les essais d'hydrogénation par le zinc et la potasse ou l'ammoniaque, ou par l'amalgame de sodium, ou bien encore par l'hydrogène en présence de mousse de platine, n'ont pas eu d'action. L'*éthylate de sodium* vers 120° donne un produit rouge, parfois extrêmement coloré ; ce produit détruit par l'eau et neutralisé donne, dans le cas du *tétraméthylcétofurane*, 30 pour 100 environ de l'oxyfurane cherché, puis des produits extrêmement visqueux bouillant très haut.

L'hydrogénation par le sodium et l'alcool nous a donné des résultats satisfaisants dans deux cas, négatifs dans le troisième cas étudié; dans ce dernier, relatif au *diméthylcétofurane*, je n'ai obtenu que des produits visqueux à point d'ébullition très élevé.

Le *tétraméthyl-* et le *diméthyl-diéthyl-cétohydrofuranes* nous ont, par ce procédé, fourni les deux dérivés suivants :

1° Le *tétraméthyl-oxyhydrofurane* (III), obtenu avec un rendement de 80 pour 100, est un liquide incolore, visqueux, peu soluble dans l'eau, bouillant à 84° sous 15^{mm}; $D_{17} = 0,9483$; $n_D = 1,4435$; R_M 40,295 (calc. : 40,088).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 296.
(2) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1486 ; t. 153, 1911, p. 275.

Son *uréthane* fond à 123°.

CHOH——CH² / CH³, CH³ > C — C < CH³, CH³ / O
(III)

CHOH——CH² / CH³, C^2H^5 > C — C < CH³, C^2H^5 / O
(IV)

Son *éther acétique* est un liquide incolore, fluide, à odeur agréable, bouillant à 181°-182°; $D_{15} = 0,9587$; $n_D = 1,4256$; $R_M = 49,67$ (calc. : 49,58).

Il donne également un *phtalate acide fusible à* 139°-141°.

2° Le *diméthyl-diéthyl-oxyhydrofurane* (IV) obtenu avec un rendement de 60 pour 100 est un liquide incolore, visqueux, bouillant à 107° sous 19^{mm}; $D_{15} = 0,9539$; $n_D = 1,4547$; $R_M = 48,90$ (calc. : 49,23).

Il donne un *éther acétique*, liquide incolore, fluide, bouillant à 97°-98° sous 15^{mm}; $D_{15} = 0,9589$; $n = 1,4382$; $R_M = 58,61$ (calc. : 58,77).

B. *Oxyhydrofuranes à fonction alcool tertiaire.* — On pouvait espérer obtenir de tels corps par l'action des *cétofuranes* sur les magnésiens. Mais la tendance très grande que la fonction cétonique a à s'énoliser (voir Notes antérieures) permet aussi de concevoir une autre forme d'action avec mise en liberté de carbure. L'expérience confirme ces prévisions :

I. *Dérivés du diméthyl-αα'-cétohydrofurane.* — Dans son action sur les magnésiens, ce corps agit, en majeure partie, sous la forme cétonique, donnant, par suite, naissance à des dérivés de l'oxyhydrofurane. Voici quelques corps ainsi préparés :

1° Le *triméthyl-αα'β-oxy-β-hydrofurane* est un liquide visqueux, bouillant à 71°-73° sous 16^{mm} ou à 171°-173° sous 755^{mm}. $D_{21} = 0,9719$; $n_D = 1,4420$; $R_M = 35,392$ (calc. : 35,425). Rendement : 60 pour 100.

2° L'*éthyl-β-diméthyl-αα'-oxy-β-hydrofurane* est un liquide visqueux, distillant à 79°-81° sous 16^{mm}. $D_{21} = 0,9693$; $n_D = 1,4485$; $R_M = 39,82$ (théorie : 40,12).

3° Le *phényl-β-diméthyl-αα'-oxyhydrofurane* (rendement de 50 pour 100) est un liquide très visqueux, bouillant à 138°-140° sous 16^{mm}; $D_{20} = 1,0827$; $n_D = 1,5310$; $R_M = 54,92$ (théorie : 55,15).

4° Le *benzyl-β-diméthyl-αα'-oxyhydrofurane*, extrêmement visqueux, bout à 146°-147° sous 15^{mm}; $D_{15} = 1,0598$; $n_D = 1,5251$; $R_M = 54,92$ (calc. : 55,15).

5° Le *p-tolyl-β-diméthyl-αα'-oxyhydrofurane*, extrêmement visqueux, bout à 149°-150° sous 15^{mm}, toujours souillé de traces de produits secondaires : $D_{15} = 1,0456$; $n_D = 1,5288$; $R_M = 61,04$ (calc. : 59,75).

II. *Dérivés du tétraméthylcétofurane.* — Dans la majorité des cas, ce

corps agit sur les magnésiens sous sa forme énolique avec mise en liberté de carbure : il en est ainsi pour les bromures d'éthyl, de propyl, d'isobutyl, de phényl, de *p*-tolylmagnésium.

Dans le cas du bromure d'éthylmagnésium, j'ai pu recueillir la quantité presque théorique d'éthane, fait d'autant plus curieux que pour le bromure de méthylmagnésium la réaction a lieu presque quantitativement sous la forme cétonique.

Dans trois cas seulement, j'ai obtenu les *oxyfuranes* attendus; dans l'action des bromures de *méthyl*, d'*acétylène* et de *benzylmagnésium.*

Les deux produits ont été décrits dans les Mémoires précédents; le troisième est le *benzyl-β-tétraméthyl-αα'-oxy-β-furane,* beau corps cristallisé blanc, fondant à 89°, obtenu avec un très bon rendement.

III. *Action du diméthyldiéthylcétofurane sur les magnésiens.* — Dans tous les cas étudiés, cette action a eu lieu quantitativement sous la forme énolique.

En résumé, les deux méthodes précédentes nous permettent d'obtenir, aisément, un certain nombre d'*oxyfuranes*. L'action des magnésiens sur les cétofuranes met, en outre, en relief l'extrême facilité d'énolisation de la fonction cétonique dans ces dérivés, facilité grâce à laquelle la réaction peut changer complètement de direction quand on passe d'un dérivé magnésien à son homologue.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés halogénés des oxydes phénoliques.* Note [1] de MM. **A. Mailhe** et **M. Murat**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une série de Communications antérieures [2], l'un de nous a montré, en collaboration avec M. P. Sabatier, que la thorine possédait un pouvoir catalyseur de premier ordre, permettant d'effectuer un très grand nombre de synthèses : amines, thiols, oxydes phénoliques simples et mixtes, éthers-sels, etc. Par l'emploi de ce catalyseur, M. Senderens [3] a pu généraliser la méthode de préparation des cétones que Squibb [4] avait fait connaître

---

(1) Présentée dans la séance du 19 février 1912.

(2) P. Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 148, p. 898, 1734; t. 150, p. 823, 1217; t. 151, p. 359, 492; t. 152, p. 358, 494, 669, 1044, 1212.

(3) Senderens, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. V, 1909, p. 905.

(4) Squibb, *Journ. of the Soc. of Chem. Industry*, t. XIV, 1901, p. 506; t. XV, 1901, p. 612.

pour la préparation de l'acétone ordinaire à partir de l'acide acétique catalysé sur le carbonate de baryum, et il l'a étendue à la formation des cétones mixtes. M. Gaudron [1] l'a utilisée pour la préparation des N-alcoyl-pipéridines par action des alcools sur la pipéridine.

Parmi les nombreuses synthèses effectuées par la thorine, l'une des plus précieuses paraît être la transformation du phénol et de ses homologues en oxydes phénoliques correspondants. On sait avec quelles difficultés l'on obtient l'oxyde de phényle $C^6H^5OC^6H^5$ par la distillation du phénate d'aluminium ou du benzoate de cuivre, et l'on comprend que l'étude de ce corps soit très incomplète. La difficulté de préparation des oxydes de crésyle est encore beaucoup plus grande, et ces corps sont aussi très mal étudiés.

Nous avons pu obtenir une très grande quantité de ces composés en appliquant la méthode que l'un de nous a fait connaître avec M. Sabatier [2], et nous avons préparé leurs dérivés chlorés et bromés.

Jusque dans ces derniers temps, la littérature chimique n'a fait mention que du dérivé dibromé de l'oxyde de phényle [3]. Récemment, Cook [4] a préparé le dérivé tétrabromé de ce corps, et les dérivés dibromés des oxydes de métacrésyle et de paracrésyle. Nous avons étudié successivement la préparation des dérivés chlorés et bromés de l'oxyde de phényle et des oxydes de crésyle.

I. *Dérivés de l'oxyde de phényle.* — Lorsqu'on dirige un courant de chlore dans une solution d'oxyde de phényle dans le tétrachlorure de carbone en présence d'une petite quantité d'iode, qui favorise la réaction, on obtient un abondant dégagement de gaz chlorhydrique. La solution, lavée à l'eau et à la potasse, est débarrassée du tétrachlorure de carbone, et le résidu liquide, soumis à une distillation fractionnée très soignée, a donné un liquide incolore bouillant à 284° sous 760^{mm}.

Sa densité, $D_{15} = 1,2026$; l'indice $n_D = 1,599$; ce qui donne un pouvoir réfringent de 58,0. La formule $C^6H^5OC^6H^4Cl$ donne par la somme des pouvoirs réfringents atomiques 57,5. Le dosage du chlore correspond à ce dérivé.

L'oxyde de phényle monochloré, ainsi obtenu pour la première fois, est un liquide incolore très stable, pouvant être distillé sans décomposition. Hydrogéné sur le nickel, il est détruit en acide chlorhydrique et oxyde de phényle :

$$C^6H^5OC^6H^4Cl + H^2 = HCl + C^6H^5OC^6H^5.$$

Toutes les analogies permettent de prévoir que l'attache du chlore s'est faite en para.

---

(1) Gaudron, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. IX, 1911, p. 417.

(2) P. Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 151, p. 359 et 492.

(3) *Berichte*, t. XIV, p. 191; t. XV, p. 1124.

(4) Cook, *Amer. Chem. Soc.*, t. XXXII, 1910, p. 1285; t. XXXIII, 1911, p. 254.

Après la séparation du dérivé monochloré, il reste un liquide qui bout jusqu'à 320°; d'où l'on sépare une portion très abondante de liquide entre 312°-315°. C'est le dérivé dichloré dipara.

La préparation des dérivés monobromé et dibromé de l'oxyde de phényle se fait aussi très aisément. Le fractionnement, commencé sous pression réduite, puis terminé à la pression ordinaire, fournit un liquide bouillant à 305°. C'est l'*oxyde de phényle monobromé para*, $C^6H^5OC^6H^4Br$.

Le résidu provenant de la séparation de l'oxyde de phényle parabromé passe entièrement à 338°-340° et fond à 54°. C'est le dérivé dibromé dipara de l'oxyde de phényle :

$$\mathrm{BrC}\begin{matrix}\diagup \mathrm{CH}-\mathrm{CH} \diagdown \\ \diagdown \mathrm{CH}=\mathrm{CH} \diagup\end{matrix}\mathrm{C}-\mathrm{O}-\mathrm{C}\begin{matrix}\diagup \mathrm{CH}-\mathrm{CH} \diagdown \\ \diagdown \mathrm{CH}=\mathrm{CH} \diagup\end{matrix}\mathrm{CBr}$$

Sauf ce dérivé dibromé, qui a été indiqué avec un point d'ébullition trop élevé (360°), les autres dérivés chlorés et bromés de l'oxyde de phényle ont été isolés pour la première fois.

II. *Dérivés des oxydes de crésyle.* — Les oxydes de crésyle, $C^6H^4\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ -O.C^6H^4CH^3\end{matrix}$ se préparent aussi très aisément par la méthode de Sabatier et Mailhe à l'aide de la thorine. Nous avons obtenu une quantité notable des oxydes d'orthocrésyle, de métacrésyle et de paracrésyle, à partir des trois crésols correspondants et nous avons préparé leurs dérivés chlorés et bromés.

L'*oxyde d'orthocrésyle*, soumis à l'action du chlore, a donné un liquide stable qui, après distillation fractionnée, a fourni deux portions très nettes, l'une bouillant à 308°-310°, c'est l'*oxyde d'orthocrésyle monochloré*, $C^6H^4\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ -O.C^6H^3\end{matrix}\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown CH^3\end{matrix}$.

La seconde portion est formée par un liquide visqueux, bouillant à 338°-330° à la pression ordinaire. C'est le dérivé *dichloré de l'oxyde d'orthocrésyle*.

Dans les mêmes conditions, le brome fournit l'*oxyde de métacrésyle monobromé*, bouillant à 330° sous 670mm ($D_{10} = 1,4162$) et l'*oxyde de métacrésyle bibromé* déjà obtenu par Cook.

L'*oxyde de paracrésyle* nous a conduits de la même manière à deux dérivés chlorés : l'*oxyde de paracrésyle monochloré*, bouillant à 315° sous 760mm, et l'*oxyde de paracrésyle dichloré*, distillant à 240°-245° sous 20mm ($D_{10} = 1,1800$). D'après les analogies de substitution du chlore dans le crésol para, nous pensons que le chlore s'est placé dans chaque noyau en position ortho par rapport à l'oxygène ($D_{10} = 1,3007$).

Enfin, le brome fournit aussi l'oxyde de *paracrésyle monobromé*, bouillant à 330°-333° sous 760mm ($D_{10} = 1,4170$), et l'oxyde de *paracrésyle dibromé*, en cristaux fondant à 131°, et qui se détruisent quand on essaie de les distiller même sous pression réduite.

On voit que le chlore et le brome se substituent d'une manière régulière

aux atomes d'hydrogène des oxydes phénoliques, en donnant d'abord un composé monohalogéné sur un noyau, puis un composé dihalogéné qui, par raison de symétrie de la molécule et d'après les analogies que l'on connaît, doit avoir ses deux halogènes sur les deux noyaux. Ces composés sont relativement stables, et quelques-uns d'entre eux réagissent parfaitement sur le magnésium. Presque tous étaient inconnus ou mal définis.

BOTANIQUE. — *Sur les formations libéro-ligneuses anormales de la tige des* Greenovia. Note de M. **Raymond Hamet**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Quoique l'existence dans une tige de formations libéro-ligneuses anormales situées à la fois dans l'écorce et dans la moelle soit un phénomène remarquable, la structure de la tige des *Greenovia* qui présente une semblable particularité n'est encore connue que par les quelques lignes qu'y consacrèrent successivement Cornu (¹) et Douliot (²). C'est pour combler cette lacune que j'ai étudié avec soin les caractères anatomiques d'une tige florifère de *Greenovia* obligeamment mise à ma disposition par M. le professeur A. Engler.

L'épiderme est composé d'une seule assise de cellules subquadrangulaires ou pentagonales, plus larges que hautes, à membranes externes légèrement convexes et faiblement actinisées, à membranes latérales très faiblement épaissies, à membranes internes un peu plus épaissies que les membranes latérales.

L'écorce est assez nettement différenciée en deux zones : la zone externe comprend 10 à 12 assises gonales-subcirculaires, aussi hautes et même un peu plus hautes que larges, pourvues à tous leurs angles de méats triangulaires. Les membranes de ces cellules restent minces, sauf celles de l'assise sous-épidermique qui s'épaississent légèrement; la zone interne comprend 16 à 18 assises de cellules gonales-oblongues, plus larges que hautes, pourvues à tous leurs angles de méats triangulaires, à membranes minces. On ne trouve dans l'écorce aucune trace de périderme, mais on y observe un nombre considérable de faisceaux libéro-ligneux dont nous étudierons

---

(¹) Cornu, *Sur un type nouveau de tiges anormales* (*Comptes rendus*, t. 88, 1er semestre, 1879, p. 548-550).

(²) Douliot, *Sur la structure des Crassulacées* (*Bull. Soc. bot. France*, t. XXXIII, 1886, p. 302).

plus loin la structure. Aucune gaine différenciée ne sépare l'écorce des formations libéro-ligneuses normales.

Le liber assez abondant forme un anneau continu composé d'une part de cellules libériennes de même forme que les éléments de la zone interne de l'écorce, mais un peu plus petites et dépourvues de méats; d'autre part, de tubes criblés de faible diamètre et à parois minces, groupés par petits paquets. Les éléments libériens et surtout les tubes criblés s'épaississent souvent en formant de petits amas de collenchyme de forme irrégulière. Cet épaississement se produit surtout dans la région moyenne du liber, alors que les éléments libériens contigus à l'écorce et à l'anneau fibreux conservent leur aspect normal.

Dans la partie externe de la région ligneuse, on observe un anneau continu et très sinueux composé de fibres sensiblement de même taille, régulièrement disposées en files radiales. Dans la région ligneuse interne, on trouve des îlots composés de vaisseaux disséminés ou irrégulièrement groupés au sein d'un tissu peu abondant formé d'éléments à parois minces et cellulosiques. On remarque souvent des vaisseaux écrasés et en voie de disparition.

La moelle généralement persistante, quoique parfois désorganisée partiellement dans sa partie centrale, est composée de nombreux éléments gonaux-subcirculaires à membranes assez minces et toujours lignifiées pourvues à chacun de leurs angles de méats triangulaires. Le tissu médullaire forme à la base de chacun des îlots vasculaires un arc ou un croissant composé d'éléments de plus petite taille (zone périmédullaire). On observe dans la moelle un cercle de faisceaux anormaux dont nous allons bientôt étudier la structure.

Les faisceaux qu'on trouve dans l'écorce ne présentent pas, à un même niveau, une structure identique ; on peut examiner sur une même coupe les différents stades de leur différenciation. On observe tout d'abord un simple îlot de tissu libérien au-dessous duquel apparaissent bientôt un ou deux vaisseaux. Lorsqu'elle s'établit, l'assise génératrice n'existe qu'entre l'îlot libérien et les vaisseaux, mais elle se prolonge bientôt latéralement. Les prolongements latéraux s'incurvent vers le centre de la tige, formant ainsi un croissant qui entoure les premiers vaisseaux, puis ils se rejoignent, donnant ainsi naissance à une assise génératrice circulaire qui différencie d'abord du liber puis des fibres ligneuses disposées en files radiales. La différenciation des fibres ne s'effectue pas uniformément ; les cloisonnements de l'assise génératrice sont plus rapides dans sa partie supérieure que dans

sa partie inférieure. C'est pourquoi l'ensemble fibreux prend d'abord la forme d'un croissant, puis celle d'un anneau d'inégale épaisseur dont les vaisseaux n'occupent pas le centre, mais sont situés au-dessous de lui. Le phénomène inverse se produit ensuite, les cloisonnements étant à ce moment plus rapides dans la partie inférieure que dans la partie supérieure de l'assise génératrice, l'anneau fibreux acquiert rapidement une égale épaisseur, les vaisseaux occupent alors le centre du faisceau anormal.

Les faisceaux dont nous venons d'étudier la structure se détachent de l'anneau fibreux central à différents niveaux et cheminent verticalement dans l'écorce où ils se ramifient souvent. Quelques-uns se terminent dans l'écorce, mais le plus souvent ils pénètrent dans les feuilles en nombre variable (11 à 14).

Les faisceaux dont nous avons constaté la présence dans la moelle possèdent la structure suivante : dans leur partie inférieure on observe un croissant de cellules médullaires plus petites que les cellules voisines de même nature ; on trouve ensuite un îlot composé de vaisseaux entourés de parenchyme cellulosique, puis un anneau continu de fibres identiques à celles de l'anneau fibreux central, nettement disposées en files radiales ; enfin, au centre de cet anneau, on constate la présence d'un liber composé presque exclusivement de tubes criblés et dont les éléments les plus centraux se sont transformés en collenchyme.

Il convient de noter qu'en face de ces faisceaux il n'y a pas, au-dessous de l'anneau fibreux central, de région ligneuse interne, c'est-à-dire d'îlots vasculaires entourés d'éléments médullaires différenciés.

Si nous suivons le parcours de ces faisceaux nous voyons qu'ils se détachent de l'anneau libéro-ligneux central à des niveaux variables, qu'ils s'en éloignent progressivement, puis qu'après avoir cheminé verticalement dans la moelle, ils vont rejoindre l'anneau libéro-ligneux dont ils sont issus.

A la base de la tige florifère on trouve dans la moelle une dizaine de faisceaux anormaux ; dans la partie médiane de l'inflorescence on voit le dernier faisceau médullaire rejoindre l'anneau fibreux central et se confondre avec lui ; dans la partie supérieure de l'inflorescence il n'y a donc plus de faisceaux médullaires, mais on y observe encore de nombreux faisceaux corticaux.

BOTANIQUE. — *Sur la nutrition chez les Broméliacées épiphytes.* Note de M. C. **Picado**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note précédente nous avons montré que les Broméliacées épiphytes retiennent constamment une quantité d'eau formant des mares peuplées par une riche faune.

Au cours de recherches effectuées à Costa-Rica en 1910 et 1911, nous avons à maintes reprises constaté le phénomène suivant : au moment où les Broméliacées vont fleurir on voit se produire une sécrétion gommeuse à la base des feuilles les plus internes. Si la plante est blessée, cette gomme coule abondamment ; elle se solidie, présentant alors une consistance gélatineuse.

On trouve fréquemment, englobés dans cette gomme, des animaux phytophages (Coléoptères, Acariens, larves de *Membracidæ*, etc.) et aussi de larves d'insectes non phytophages qui vivent normalement dans l'eau retenue par les Broméliacées.

Les animaux une fois englobés par la gomme y restent prisonniers et meurent. Ils tombent parmi les détritus retenus par la plante. Ces détritus, végétaux et animaux, ne subissent pas la putréfaction ; l'eau gardée par les Broméliacées ne dégage aucune mauvaise odeur et dans la forêt on utilise souvent cette eau pour se désaltérer.

Nous nous sommes proposé de rechercher ce que devenaient les cadavres des animaux morts dans la plante et jusqu'à quel point ceux-ci serviraient à sa nutrition.

A. Un premier fait bien établi, c'est que les Broméliacées épiphytes se nourrissent aux dépens des détritus retenus entre leurs feuilles ; l'absorption des sels minéraux contenus dans l'eau gardée par ces dernières s'accomplit grâce aux écailles foliaires de ces plantes.

C'est Schimper qui, par une série d'expériences commencées en 1884, démontra ce fait. Ces études ont été continuées par Goëbel, Mez, Müller, Groom, Aso, etc.

Leur méthode consistait à constater par dosages la diminution de concentration d'une solution saline mise entre les feuilles de la plante, ou à rechercher dans les tissus de la feuille ces éléments minéraux, soit au moyen de réactions microchimiques, soit par l'analyse spectrale (Aso). Les re-

cherches précédentes ont été souvent faites avec des solutions toxiques ou trop concentrées, et parfois avec des feuilles coupées.

Nous avons refait ces expériences en employant des solutions à faible concentration et des plantes vivantes en bon état.

Par cette méthode nous avons constaté que les éléments minéraux disparaissent complètement de l'eau retenue par les feuilles et qu'on n'y trouve pas les produits de dédoublement auxquels ils auraient pu donner naissance.

D'ailleurs l'analyse chimique des détritus retenus par les Broméliacées poussant dans la forêt vierge (analyse que M. Michaud a eu l'obligeance de pratiquer pour moi) a montré que ces détritus ne contiennent presque pas de sels minéraux.

Si l'on tient compte de l'existence de ce pouvoir absorbant et de ce fait que, sur des centaines de plantes examinées, nous avons toujours rencontré en grand nombre des cadavres d'animaux, on peut se demander si la plante n'absorbe pas, en outre des sels minéraux, les composés ternaires ou albuminoïdes provenant de la décomposition de ces cadavres; et quelle est la forme sous laquelle ces produits de dédoublement sont absorbés. Ce dédoublement est-il le résultat d'actions microbiennes seules ou ne serait-il pas dû, au moins en partie, aux diastases provenant de la plante?

B. Nous avons mis en évidence les faits suivants :

La gomme provenant du lavage des jeunes inflorescences *des Broméliacées epiphytes* (constituée d'après Michaud par 77 pour 100 de bassorine et 23 pour 100 d'arabine et autres substances solubles) *possède un double pouvoir* diastasique :

1° Elle transforme l'empois d'amidon en glucose;

2° Elle transforme les albuminoïdes en peptones et acides amidés;

Ces transformations sont dues à l'action d'une amylase et d'une trypsine. Elles se produisent, en effet, lorsqu'on a ajouté 1 pour 100 de fluorure de sodium au liquide gommeux. Les tubes témoins, contenant la substance à digérer et de l'eau fluorée ne sont le siège, pendant le même temps, d'aucune transformation. Le liquide gommeux chauffé à 70°-75° perd son pouvoir diastasique.

Pour nous assurer que l'action peptonisante est bien due à une diastase et non à l'action des *microbes vivants*, nous avons dosé les acides amidés mis en liberté pendant la digestion artificielle (procédé de Sörensen) [1] :

---

[1] Ce procédé, qui nous a été conseillé par M. G. Bertrand, était le seul pratique. Il est impossible en effet de filtrer à la bougie de porcelaine le liquide gommeux, et la précipitation de la diastase exige de grandes quantités de gomme fraîche que nous n'avons pu nous procurer.

Si les acides amidés augmentent d'une manière régulière au cours de la digestion artificielle, c'est que celle-ci est réalisée par des microbes; si, au contraire, la production de ces acides se ralentit, puis s'arrête, c'est qu'il s'agit d'une diastase soluble.

Dans nos expériences nous avons constaté que la production des acides amidés s'arrête vers la 46e heure à 35° environ; il s'agit donc d'une diastase et non pas de microbes vivants.

C. Nous avons enfin démontré que la plante absorbe les acides amidés produits. Pour cela nous avons placé, entre les feuilles d'une Broméliacée et dans un tube témoin, une même solution de peptone. Au bout de 48 heures on ne trouve plus de traces de peptone dans l'eau de la Broméliacée, tandis que le tube témoin en offre les réactions caractéristiques. Par contre on trouve, dans le premier cas, une quantité d'acides amidés presque double de celle qu'offre le tube témoin. Le 3e jour on ne trouve presque plus d'acides amidés dans l'eau de la plante. Le 4e jour tout a été absorbé par la Broméliacée; le liquide ne renferme pas d'autres substances azotées. C'est donc sous la forme d'acides amidés que les substances protéiques sont absorbées par les Broméliacées épiphytes.

L'ensemble des phénomènes offerts par les Broméliacées épiphytes n'est nullement en désaccord avec les faits établis pour d'autres végétaux : l'absorption des amides était déjà connue; Lefèvre a montré que les racines de Phanérogames peuvent en absorber et Palladine que les feuilles absorbent les acides amidés. Les substances ternaires sont aussi absorbées par les plantes; Molliard a établi que les racines peuvent absorber les sucres. La production de diastases est aussi un fait bien connu chez les plantes. L'Ananas, qui appartient à la même famille des Broméliacées, renferme une papaïne très active.

Ce qu'il y a de notable pour les Broméliacées épiphytes, c'est que ces plantes offrent à leur plus haut degré les phénomènes suivants :

1° *Elles absorbent, non seulement les sels minéraux, mais aussi les substances ternaires et protéiques provenant de la digestion des détritus végétaux et animaux retenus entre leurs feuilles;*

2° *Elles sont les seules plantes qui se nourrissent habituellement aux dépens de ces détritus;*

3° *Une Broméliacée réalise un véritable dyaliseur qui enlève constamment aux mares formées entre ses feuilles tous les produits de décomposition qui pourraient nuire aux animaux aquatiques habitant ces mares.*

MYCOLOGIE. — *Sur la conservation des bois.* Note de M. **E. Pinoy**, présentée par M. É. Roux.

A l'occasion d'une Mission dont m'a fait l'honneur de me charger M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, au mois de juillet 1911, pour étudier les procédés scientifiques qui pouvaient être employés pour préserver des atteintes du *Merulius lacrymans* les œuvres d'art en menuiserie classées parmi les monuments historiques, j'ai songé à utiliser pour la conservation des bois les bichromates et la propriété qu'ils ont d'insolubiliser les gommes et la gélatine après exposition à la lumière. Il m'a été facile de constater que des fragments de bois, mis à tremper jusqu'à imprégnation complète dans une solution contenant 2 pour 100 de bichromate et 1 pour 100 de fluorure de sodium, deviennent, après séchage et exposition à la lumière, complètement indestructibles par les moisissures. Si l'on recouvre alors le bois d'une solution contenant : gélatine 5 pour 100, bichromate de potasse 2 pour 100, fluorure de sodium 0,5 pour 100, et qu'on l'expose de nouveau à la lumière, après séchage, on lui communique, en même temps qu'un vernis brillant très solide, une couleur brun acajou imitant le vieux bois.

On sait les ravages que sont susceptibles de causer les champignons qui envahissent le bois.

Le *Merulius lacrymans*, en particulier, peut, ainsi que cela s'est produit à Breslau en Silésie, amener de proche en proche l'effondrement des maisons. D'autre part, les pavages en bois des grandes villes sont presque toujours détruits par les champignons.

Nous ne doutons pas que l'emploi du procédé au bichromate et au fluorure ne puisse rendre d'importants services. Il peut servir non seulement à préserver mais aussi à guérir. Nous avons vu, sur des portions de boiseries, provenant de l'église de Lillers, presque totalement transformées en une matière spongieuse, que des imprégnations successives dans des bains de gélatine bichromatée, de plus en plus concentrés, pouvaient, après séchage et exposition du bois à la lumière, le durcir suffisamment pour que des boiseries ainsi atteintes puissent être conservées. Dans ce cas, il est nécessaire, pour éviter la dissémination du champignon, de désinfecter les bois sur place avant tout traitement.

Le meilleur désinfectant est celui qui pénétrera le mieux. Un mélange

d'alcool absolu dénaturé et de xylol contenant 1 pour 100 de sublimé donne les meilleurs résultats.

Ce procédé de traitement des bois aura également son application contre leur envahissement par des insectes, notamment contre les vrillettes.

MÉDECINE. — *Immunisation antityphique de l'homme par voie intestinale. Modifications spécifiques du sérum.* Note de MM. **J. Courmont** et **A. Rochaix**, présentée par M. Bouchard.

Nous avons démontré ([1]) la réalité de la vaccination antityphique, par voie intestinale, chez l'animal (lapin, etc.). Nous avons noté les modifications spécifiques du sang qui apparaissent au cours de cette immunisation.

Nous avons aussi vacciné *l'homme*, par la même méthode, et nous avons déjà publié ([2]) les modifications des éléments figurés du sang humain qui surviennent à la suite de l'introduction du vaccin par voie intestinale. Aujourd'hui, nous apportons les résultats de nos recherches sur les propriétés acquises par le sérum de ces vaccinés.

I. *Sept* sujets, n'ayant jamais eu la fièvre typhoïde, examinés, avant tout lavement, au point de vue des pouvoirs agglutinant, bactériolytique et bactéricide de leurs sérums, ont reçu des lavements de vaccin antityphique, à l'aide d'une longue canule souple de 40^{cm}, en additionnant le liquide de 10 à 15 gouttes de laudanum. Nous avons commencé par de faibles doses (25^{cm^3} à 50^{cm^3}). En présence de l'innocuité absolue du procédé, nous avons adopté *trois lavements de* 100^{cm^3} *à 5 jours d'intervalle.* Ces lavements sont gardés le plus souvent pendant 24 heures. Ils sont admirablement tolérés.

([1]) J. Courmont et A. Rochaix, *L'immunisation par voie intestinale. Vaccination antityphique* (*Comptes rendus*, 20 mars 1911); *De l'immunisation antitoxique par la vaccination antityphique intestinale* (*Comptes rendus*, 10 avril 1911); *La vaccination antityphique par voie intestinale* (*La Presse médicale*, 3 juin 1911); *De la durée de la vaccination antityphique par voie intestinale* (*Comptes rendus*, 27 novembre 1911); *Immunisation contre l'infection éberthienne expérimentale par voie intestinale, chez le lapin* (*Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 15 novembre 1911).

([2]) J. Courmont, A. Rochaix et L. Charlet, *La vaccination antityphique par voie intestinale chez l'homme. Mononucléose consécutive* (*Livre jubilaire du Professeur R. Lépine; Revue de Médecine*, octobre 1911).

II. *Observation I.* — Le *pouvoir agglutinant* apparaît, chez ce sujet, 13 jours après le premier lavement, atteint son maximum ($\frac{1}{30}$) 21 jours après le troisième, disparaît au bout de 5 mois et demi.

Le *pouvoir bactériolytique* atteint son maximum ($\frac{1}{15}$) 21 jours après le troisième lavement. Encore appréciable ($\frac{1}{5}$), quoique très faible, 5 mois et demi après, il est redescendu au taux normal ($\frac{1}{2}$) au bout de 11 mois.

Le *pouvoir bactéricide*, encore au taux normal 7 jours après le dernier lavement, atteint $\frac{1}{100}$ 16 jours après, et son maximum ($\frac{1}{200}$) 21 jours après. Il est encore appréciable ($\frac{1}{20}$) au bout de 11 mois.

Observation II. — Pouvoir agglutinant : maximum $\frac{1}{30}$ au bout de 19 jours.

Pouvoir bactériolytique : maximum $\frac{1}{20}$ au bout de 19 jours.

Pouvoir bactéricide : maximum $\frac{1}{1000}$ au bout de 22 jours.

Ces trois propriétés ont à peu près disparu au bout de 6 mois.

Observation III. — Pouvoir agglutinant : maximum $\frac{1}{20}$ au bout de 12 jours.

Pouvoir bactériolytique : maximum $\frac{1}{15}$ au bout de 12 jours.

Pouvoir bactéricide : maximum $\frac{1}{500}$ au bout de 28 jours.

Le pouvoir bactéricide est encore appréciale ($\frac{1}{50}$) au bout de 6 mois.

Observation IV. — Pouvoir agglutinant : maximum $\frac{1}{30}$ au bout de 16 jours.

Pouvoir bactériolytique : maximum $\frac{1}{15}$ au bout de 16 jours.

Pouvoir bactéricide : maximum $\frac{1}{500}$ au bout de 16 jours.

Le pouvoir bactéricide est encore appréciable ($\frac{1}{20}$) au bout de 8 mois.

Observation V. — Pouvoir agglutinant : maximum $\frac{1}{50}$ au bout de 10 jours.

Pouvoir bactériolytique : maximum $\frac{1}{20}$ au bout de 33 jours.

Pouvoir bactéricide : maximum $\frac{1}{500}$ au bout de 28 jours.

Observation VI. — Pouvoir agglutinant : maximum $\frac{1}{20}$ au bout de 23 jours.

Pouvoir bactériolytique : maximum $\frac{1}{15}$ au bout de 12 jours.

Pouvoir bactéricide : maximum $\frac{1}{500}$ au bout de 12 jours.

Le pouvoir bactéricide se maintient à un taux élevé pendant plus longtemps que les autres propriétés.

Observation VII. — Pouvoir agglutinant : maximum $\frac{1}{30}$ au bout de 17 jours.

Pouvoir bactériolytique : maximum $\frac{1}{15}$ au bout de 12 jours.

Pouvoir bactéricide : maximum $\frac{1}{200}$ au bout de 24 jours.

Même remarque que précédemment pour le pouvoir bactéricide.

III. *Conclusions.* — 1° L'introduction, dans l'intestin de l'homme, de cultures d'Eberth tuées à $+53°$, fait apparaître, dans son sérum sanguin, des propriétés *agglutinante*, *bactériolytique* et *bactéricide;*

2° Les propriétés présentent généralement leur maximum environ trois semaines après le premier lavement;

3° Le maximum, atteint par chacune de ces trois propriétes humorales, est très différent suivant chacune d'elles. Le taux des pouvoirs agglutinant et bactériolytique reste assez faible, alors que l'action bactéricide, acquise par le sérum, est relativement bien plus élevée ;

4° Le pouvoir agglutinant subit assez fréquemment des variations d'un examen à l'autre. La courbe d'accroissement et de décroissance des pouvoirs bactériolytique et bactéricide paraît beaucoup plus régulière ;

5° Les courbes d'évolution (apparition, croissance, décroissance et disparition) de ces trois pouvoirs ne sont pas absolument parallèles et ne peuvent se superposer ;

6° On peut mettre en évidence les propriétés agglutinante, bactériolytique et bactéricide au bout de 6 mois, quoique fortement atténuées à cette époque. Passé ce délai, elles ont à peu près disparu ;

7° La date d'apparition et la durée de la présence des anticorps dans le sang sont à peu près les mêmes dans la vaccination par voie intestinale que par l'emploi des autres méthodes ; mais les taux paraissent un peu moins élevés que par l'inoculation sous-cutanée d'autolysats de bacilles vivants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude sur les causes du caillage du lait observé pendant les périodes orageuses.* Note de M. **A. Trillat**, présentée par M. Laveran.

On a observé depuis longtemps que certaines substances alimentaires, telles que le lait, la viande de boucherie, le gibier et le bouillon s'altéraient plus rapidement par les temps orageux. Dans les laiteries, notamment, on a remarqué que les laits ramassés et transportés au cours d'un orage, arrivaient souvent à destination sinon caillés en partie, du moins déjà très acidifiés, au grand détriment de la fabrication ou de la vente. De semblables observations sont également fréquentes dans les ménages. Quoique ces altérations ne précèdent souvent que de quelques heures le moment où nous sommes habitués de les voir se produire, elles ont toujours frappé l'attention : aussi s'est-on ingénié à chercher des causes pour expliquer ce phénomène qui contrarie nos observations habituelles. Parmi les auteurs qui s'en sont occupés, les uns ont fait intervenir l'électricité : cette théorie a longtemps prévalu dans l'opinion, surtout dans le courant du siècle dernier, époque à laquelle on attribuait à cet agent et à l'ozone qui en dérivait la plupart des manifestations vitales. Pour d'autres, le phénomène

n'était nullement justiciable de l'électricité, mais dépendait uniquement d'une température et d'un degré hygrométrique élevés, conditions favorisant l'acidification du lait.

Étant donné l'intérêt que peut présenter à divers points de vue l'explication de ce phénomène qui se rattache à une manifestation microbienne, j'en ai fait l'objet d'une étude dont les résultats sont résumés dans cette Note.

J'ai d'abord soumis de nombreux échantillons de lait à l'influence de l'air électrisé de diverses façons, par l'étincelle ou l'effluve, comparativement aux mêmes laits exposés à l'air normal dans des conditions rigoureusement identiques de température et d'humidité : on suivait la marche de l'acidification par un dosage volumétrique. Dans d'autres essais, j'ai expérimenté directement sur le ferment lactique, c'est-à-dire sur le germe au lieu du terrain de culture.

Enfin des essais analogues ont été faits en présence de l'ozone, du nitrate d'ammoniaque et des vapeurs nitreuses qui peuvent se former dans les temps d'orages à la suite des décharges électriques.

Ces expériences, poursuivies pendant plusieurs mois, n'ont jamais donné un sens activant ; les manifestations dues à la présence des gaz expérimentés, quand elles ont pu être évaluées, ont toujours été dans le sens antiseptique. Ce n'était donc pas dans cette voie qu'il fallait chercher l'explication du phénomène.

Étant donné, d'après un précédent travail (*Comptes rendus*, 5 février), que des traces infinitésimales de gaz putrides ont une action favorable sur le développement des ferments lactiques, j'ai supposé que toute circonstance facilitant le dégagement de ces gaz devait être considérée comme facteur favorable à cette action. Or, on sait que les dépressions atmosphériques font ressortir les émanations gazeuses emmagasinées dans le sol et les objets de toute nature : on a toujours remarqué que les odeurs étaient plus perceptibles après un orage. Il était donc tout indiqué, en s'inspirant de ces observations, d'examiner si les dépressions en favorisant le dégagement des émanations gazeuses n'étaient pas la cause de l'accélération du phénomène.

Après avoir constaté à part que des dépressions allant jusqu'à 5^{cm} de mercure n'avaient aucune influence sur la vitalité du ferment lactique, même après 12 heures d'exposition, j'ai répété les mêmes expériences que celles qui ont été précédemment décrites dans la Note du 5 février, avec cette différence que j'ai fait intervenir en plus, dans les essais, des dépressions variant de 5^{mm} à 50^{mm}.

Le Tableau suivant donne, à titre d'exemple, les résultats d'un certain nombre d'expériences qui mettent en évidence l'action de la dépression atmosphérique sur le ferment lactique exposé dans le voisinage d'une source de gaz putride. Les chiffres correspondent à des milligrammes d'acide lactique rapportés à 1^{l} de lait.

Tableau indiquant l'acidification comparative de laits ensemencés par des ferments lactiques exposés simultanément dans les mêmes conditions de température et d'humidité à des ambiances putrides avec ou sans dépression barométrique.

I. — *Voisinage de bouillons ensemencés par le* Proteus.

Nos des essais.	Sans dépression.	Avec dépression.	Nos des essais.	Sans dépression.	Avec dépression.
	mg	mg		mg	mg
1........	150	190	8........	320	500 coag.
2........	190	210	9........	430	580 coag.
3........	175	270	10........	315	610 coag.
4........	150	260	11........	250	400
5........	180	390	12........	280	500 coag.
6........	160	265	13........	290	450
7........	210	225	14........	350	540 coag.

II. — *Terre végétale souillée.*

Sans dépression.	Avec dépression.
mg	mg
300	520 coag.
240	390
315	450 coag.

Pour mieux se rapprocher de la réalité, ces expériences ont été complétées par d'autres essais (II) exécutés de la même manière, mais en présence de terre végétale renfermant des substances organiques en voie de décomposition sous l'influence du *Proteus vulgaris*. Le résultat a été dans le même sens.

Les dépressions atmosphériques ont donc pour effet de provoquer le dégagement de gaz emmagasinés par le sol et les objets. Et, à ce titre, elles facilitent la formation d'ambiances favorables à la conservation et à l'activité des ferments lactiques en suspension dans l'air. Les temps d'orages engendrent dans les locaux où abondent des matériaux en voie de décomposition de meilleures conditions d'ensemencement du lait, surtout si l'on tient compte qu'à ce moment la température et le degré d'humidification sont généralement élevés : la superposition de tous ces facteurs suffit donc pour faire avancer de plusieurs heures le temps habituel du caillage du lait.

Il est à supposer que les phénomènes d'altérations hâtives d'autres substances organiques, telles que celles de la viande, du gibier, de certains liquides fermentescibles, des levures de boulangerie, etc., observées pendant les temps d'orages, peuvent être expliquées de la même manière. Enfin,

quelque avancée que puisse paraître cette hypothèse, on ne peut s'empêcher d'établir un rapprochement entre ces résultats et les observations si souvent signalées sur l'aggravation des plaies et l'extension subite des épidémies à la suite de perturbations météorologiques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE — *Extraordinaire sensibilité de* l'Aspergillus niger *vis-à-vis du manganèse.* Note de M. **Gabriel Bertrand**, présentée par M. E. Roux.

Dans les recherches que j'ai publiées dernièrement sur le rôle du manganèse dans le développement et la formation des conidies de l'*Aspergillus niger*, j'ai laissé entrevoir l'extrême petitesse de la proportion du métal qui suffit à impressionner la plante [1]. Les expériences que je vais décrire préciseront cette notion et lui donneront, en même temps, une valeur inattendue, je pourrais même dire surprenante. Grâce, en effet, à une technique sévère et à des précautions minutieuses, je suis parvenu à obtenir, d'une manière constante, des augmentations de récolte facilement appréciables par l'addition au milieu de culture d'une quantité aussi extraordinairement petite que 1 milliardième et même 1 décimilliardième de manganèse, soit une proportion de 1^{mg} seulement de métal dans 10 000 litres de liquide nutritif.

Une des grandes difficultés à résoudre pour arriver à ce résultat a été la purification des substances organiques ou minérales destinées à l'alimentation de l'*Aspergillus*. Les cristallisations successives, employées seules, n'ont, en général, pas suffi ; elles n'ont conduit facilement au but que pour le sulfate ferrico-potassique. J'ai éliminé le manganèse à l'état de bioxyde, en ajoutant à la solution, rendue légèrement alcaline par l'ammoniaque, un peu d'eau oxygénée pure. Étant donnée la pureté déjà très grande des substances sur lesquelles j'opérais, le bioxyde ne s'est pas produit d'une façon visible ; j'en ai assuré la complète séparation en l'entraînant par collage à la surface d'un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien obtenu par addition successive au liquide de 1^{mol} de phosphate d'ammonium et de 1^{mol} de sulfate de magnésium. Après quelques heures de repos, le liquide a été filtré et concentré dans une capsule de platine [2].

Outre le saccharose, j'ai utilisé l'acide succinique comme substance alimentaire carbonée. J'ai obtenu la purification de cet acide par une série de recristallisations, d'abord dans l'acide sulfurique à 5 pour 100, puis dans l'eau seule.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 381.

(2) Pour les détails, lire le Mémoire qui paraîtra ultérieurement.

Les cultures ont été faites dans des matras cylindroconiques à large col, de 750^{cms} de capacité, en quartz fondu. Chaque matras renfermait en outre du manganèse :

Eau pure, redistillée dans le vide........	200^{g}
Carbonate de potassium...............	0,08
Nitrate d'ammonium..................	0,60
Phosphate d'ammonium...............	0,08
Sulfate d'ammonium..................	0,04
Sulfate de magnésium................	0,17
Alun de fer..........................	0,0172 (soit 0,002 de Fe)
Sulfate de zinc.......................	0,0088 (soit 0,002 de Zn)
Silicate de potassium................	0,008

et

Acide succinique.....................	8

ou

Saccharose..........................	9
Acide succinique.....................	0,10

Voici, rassemblés en un Tableau, les résultats de *toutes* les expériences que j'ai entreprises avec les doses de $\frac{1}{100000000}$, de $\frac{1}{1000000000}$ et de $\frac{1}{10000000000}$ de manganèse.

Poids sec, en grammes, des récoltes obtenues:

Numéros des expériences.	sans addition de Mn.	après addition de un cent-millième de Mn.	après addition de un milliardième de Mn.	après addition de un décimilliardième de Mn.
1......	1,55	2,05	»	»
	1,79	»	»	»
2......	0,865	1,715	1,260	»
3......	0,68	1,69	1,30	1,11
	0,68	»	»	»
4......	0,61 (moy. de 3 cult.)	1,49	»	»
5......	1,16	»	1,24	1,27
6......	1,14	»	1,73	»
	1,23	»	»	»
7......	0,64 (moy. de 2 cult.)	1,89	»	0,655 (moy. de 2 cult.)
8......	0,55	»	0,80	»
9......	0,557 (moy. de 3 cult.)	2,35 2,20	1,18	0,603 (moy. de 3 cult.)

Ces résultats, bien conformes à l'interprétation catalytique du rôle joué par le manganèse dans les cellules vivantes, sont très suggestifs.

On possédait jusqu'ici des exemples remarquables de sensibilité de l'organisme aux poisons. En ce qui concerne particulièrement l'*Aspergillus niger*, Raulin avait montré qu'il suffit d'ajouter la proportion minima de $\frac{1}{1600000}$ de nitrate d'argent au milieu de culture pour « nuire sensiblement aux progrès du végétal ». En opposant à ce résultat l'influence favorable exercée sur le même *Aspergillus* par le $\frac{1}{10000000000}$ de manganèse, on voit que l'organisme peut être plus sensible encore aux substances biogénétiques.

Il va donc falloir considérer avec plus d'attention que jamais l'intervention possible de traces de métalloïdes et de métaux présents dans le corps des animaux et des plantes et, par généralisation, des substances complexes dont la proportion n'est guère plus élevée. Il faudra envisager aussi comme pouvant avoir de l'importance dans certains phénomènes physiologiques ou pathologiques, dans le degré de fertilité des sols, etc., des modifications chimiques du milieu en apparence très minimes.

Enfin, il sera nécessaire, dans beaucoup de recherches, de se mettre soigneusement en garde contre l'influence des impuretés. J'ai mentionné, dans une Note antérieure [1], que les préparations les plus pures de sulfate ferreux du commerce renferment de 0,2 à 0,5 pour 1000 de manganèse. D'après les expériences rapportées aujourd'hui, quelques dixièmes et même quelques centièmes de milligramme de ce sel suffisent donc pour apporter dans un milieu de culture une dose de manganèse facilement appréciable par l'*Aspergillus niger* et pour faire attribuer, par erreur, au sulfate ferreux des effets dus exclusivement à une impureté qui l'accompagne.

On peut supposer que, dans mes propres expériences, l'ensemble des substances nutritives des milieux témoins renfermait encore des traces infinitésimales de manganèse. Est-il possible d'atteindre un degré de pureté plus parfait et qu'arriverait-il alors avec l'*Aspergillus?* C'est ce que je me propose maintenant de rechercher.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'appareil séricigène des Chenilles de* Phthorimæa operculella [2] *Zeller*. Note de M. L. **Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les Chenilles de la Teigne des pommes de terre sont pourvues de glandes

---

[1] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 381, note.

[2] Nous devons la dénomination exacte de cette Chenille à l'extrême obligeance de

séricigènes doubles, très développées et présentant, avec celles des autres Lépidoptères, des caractères différentiels tels qu'elles méritent une description spéciale.

Nous avons déjà étudié la morphologie et la structure histologique de l'appareil séricigène des larves des Papillons [1] et nous savons qu'il est constitué par deux longs tubes comprenant une partie glandulaire, un canal excréteur de longueur variable et un conduit efférent impair (tube fileur), aboutissant à la base de la filière et présentant parfois, sur son trajet, une modification de structure constituant la presse. A cet appareil sont rattachées des *glandes accessoires*.

Ces dernières sont relativement volumineuses chez un grand nombre de larves de Papillons (*Hadena*, *Agrotis*, *Asphalia*, *Stauropus*, etc.) Là, elles sont constituées par deux massifs formés par un groupement de lobules allongés, renflés à leur extrémité distale, et débouchant au sommet d'un canal excréteur cylindrique, court et parfois sinueux. Ce dernier s'ouvre, en des points très variables, dans les conduits excréteurs des glandes séricigènes, tantôt presque au point de convergence des deux conduits, tantôt au contraire sur le tube fileur impair. Chez les Chenilles d'*Arctia*, d'*Acherontia*, etc., les glandes annexes sont rudimentaires et manifestement atrophiées. Elles comprennent un petit massif de follicules irrégulières, piriformes ou coniques, dont l'ensemble affecte la forme d'une sorte de manchon entourant chaque conduit excréteur.

Les *glandes séricigènes* constituent, après le tube digestif, l'organe le plus volumineux et le plus important de la larve de *Phthorimœa operculella*. Elles sont paires, de teinte blanchâtre et forment, dans la région abdominale moyenne, trois replis principaux situés sous l'intestin moyen et les parois latérales de ce dernier. Complètement étalées, elles mesurent une longueur dépassant celle du tube intestinal, c'est-à-dire la taille de la Chenille.

L'extrémité distale de chaque tube glandulaire s'étend jusque vers l'origine de l'intestin postérieur. Elle débute par une pointe amincie, conique, qui se continue par un mince filament conjonctif la rattachant aux parois inférieures du corps. L'organe se dilate progressivement, prend une forme régulièrement cylindrique et décrit ensuite deux replis à direction oblique. Le lumen central, bien visible par transparence, est régulier et a un diamètre égal au cinquième environ de celui de la glande.

---

notre collègue de la Société entomologique, M. J. de Joannis, à qui nous adressons nos bien sincères remercîments.

(1) *Les glandes céphaliques, glandes séricigènes et glandes mandibulaires des Chenilles des Lépidoptères* (*Ann. des Sc. nat. : Zool.*, 9e série, t. X, 1910, p. 125-200 ; 3 planches).

Chaque tube glandulaire comprend *quatre* parties nettement différenciées : 1° la *région sécrétive*, 2° le *canal excréteur*, 3° les *glandes de Lyonet* et 4° le *conduit efférent* terminal se fusionnant avec son congénère pour constituer un appendice tubuleux très court, débouchant à la base de la filière.

La région glandulaire a la forme d'un tube cylindrique, peu sinueux, placé sous l'intestin moyen ou contre les parois latérales de ce dernier. Sa surface externe présente des boursouflures peu accusées, séparées par des sillons et correspondant à des rangées de cellules.

En avant, la glande se rétrécit progressivement et se continue par un canal excréteur court, étroit et recourbé en S. Le conduit se dilate ensuite brusquement et se continue par les *glandes annexes* (gl. de Lyonet).

Ces dernières forment une sorte de manchon épais, compact et irrégulièrement cylindrique. Le diamètre du manchon est d'un quart supérieur à celui de la région sécrétrice initiale. Les parois sont irrégulières, sinueuses, bosselées et parcourues par des sillons annulaires. Chaque bosselure correspond à une cellule interne.

Enfin, le manchon glandulaire diminue progressivement de diamètre à son arrivée dans la région céphalique larvaire. Il se continue par un canal court, étroit, qui pénètre à la base du labium et s'unit à son congénère. Le petit appendice tubuleux (*tube fileur*) qui résulte de cette fusion débouche à la base de la filière.

Nous avons également étudié l'ensemble de l'appareil séricigène au double point de vue *histologique* et *physiologique*. Les *glandes de Lyonet* (gl. annexes) ont une structure tout à fait spéciale et un peu différente de celle décrite jusqu'ici chez les autres chenilles. L'intima chitineuse interne est mince et renforcée, du côté du lumen, par des arceaux spiralés, analogues à ceux des trachées, très facilement déroulables et dont les divers tours de spire sont très rapprochés et indépendants les uns des autres.

PARASITOLOGIE. — *Sur un nématode des tissus fibreux chez le Bœuf.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. É. Roux.

En étudiant au point de vue chimique et histologique les processus de calcification de lésions diverses chez les bovidés, nous avons été frappés par la fréquence des dépôts calcaires au niveau de l'articulation fémoro-tibio-rotulienne. Sur le cadavre dépouillé, on aperçoit souvent des traînées blanc jaunâtre, plus ou moins sinueuses, sur les deux faces latérales articulaires. Une fine dissection montre que ce sont les ligaments latéraux et capsulaire qui sont envahis.

L'origine non tuberculeuse une fois établie, nous avons fait une série de recherches sur les tissus altérés. Après décalcification par l'acide picrique, on constate, au milieu du tissu fibreux, plus ou moins modifié, l'existence de petites alvéoles, rondes, ovalaires ou irrégulièrement allongées, les unes vides, d'autres contenant des dépôts amorphes mal colorés, et parfois de fines membranes, sinueuses, hyalines, hérissées de stries, de crêtes, se colorant d'une façon particulière en violet bleu par l'hématéine.

Au sein des parties tendineuses non calcifiées, les alvéoles renferment, outre la membrane kytineuse, un contenu granuleux se teignant comme toute substance nucléaire. Dans l'une d'elles, coupée en longueur, on apercevait l'extrémité antérieure d'un ver rond sans armature buccale spéciale.

Enfin on rencontre, au centre des lésions récentes, des embryons libres enroulés sur eux-mêmes.

Sur des carcasses de Bovidés, nous avons recherché systématiquement ces lésions parasitaires dans les tissus fibreux (tendons, fibro-cartilages) et élastiques (ligament cervical).

Dans 30 cas, 26 ont été positifs. Ces chiffres indiquent la très grande fréquence de ces lésions parasitaires. Leur localisation bien spéciale est également un de leurs caractères les plus curieux. Elles siègent uniquement dans le tissu fibreux, et, d'une façon presque exclusive, dans l'épaisseur des tendons latéraux et capsulaire de l'articulation fémoro-tibio-rotulienne; le ligament externe est plus souvent envahi que l'interne. Lorsque le ligament capsulaire est atteint, c'est toujours aux dépens des deux brides de renforcement qui viennent se fixer sur les rebords postérieurs du plateau articulaire du tibia. Une seule fois, nous avons trouvé le ligament tibio-tarsien externe envahi. Le ligament cervical est toujours indemne.

Les lésions revêtent trois formes principales suivant leur importance. Ce sont :

1° De simples dissociations des faisceaux fibreux colorés en jaune pâle ;

2° De petites cavités ou logettes creusées dans l'épaisseur des tendons, et traversées par des faisceaux fibreux déchiquetés, rupturés, les unes ayant conservé leurs caractères normaux; d'autres, au contraire, friables, gonflés et teints en jaune pâle;

3° Enfin des noyaux de tissu conjonctif de réaction inflammatoire, de teinte brunâtre ou chocolat clair, nettement différenciable de celle des amas graisseux voisins.

Dans toutes on peut trouver des parasites à différents stades d'évolution, les uns vivants, d'autres morts, et dont la cuticule est imprégnée de concrétions calcaires.

Les parasites se nourrissent des produits de destruction des tendons;

dans leur tube digestif, on rencontre fréquemment de petites masses amorphes, jaunâtres, de même matière et de même coloration que celle qui constitue les faisceaux fibreux dégénérés.

La détermination du nématode a été faite, au laboratoire de Zoologie de l'École d'Alfort, sous la direction de M. le professeur Raillet et de M. A. Henry.

Mâle. — Longueur 4^{cm} à $5^{cm},5$; largeur maxima 85^{μ} à 95^{μ}; cuticule à stries écartées de 5^{μ} à 6^{μ} dans la région moyenne du corps. Œsophage long de 750^{μ} à 800^{μ}. Extrémité caudale enroulée en spirale avec deux ailes cuticulaires latérales très peu développées. Deux spicules inégaux : le grand, long de 180^{μ} à 210^{μ}, à extrémité pointue; le petit, long de 65^{μ} à 75^{μ}, terminé par un renflement à crochet latéral rétrograde. Papilles caudales ainsi disposées de chaque côté : 2 à l'extrémité de la queue; 1 (d'un seul côté) à mi-chemin du cloaque; 4 adanales, la postérieure un peu détachée du groupe.

Femelle. — Longueur indéterminée (plusieurs fragments d'un même exemplaire, non compris les extrémités, nous ont donné une longueur totale de 26^{cm}); largeur maxima 260^{μ} à 290^{μ}. Cuticule de la région moyenne du corps avec des épaississements spiroïdes externes ou *bagues* comprenant entre elles 3 stries internes; les bagues ne sont pas ondulées. Œsophage long de 820^{μ} à 850^{μ}. Vulve à 630^{μ} à 650^{μ} de l'extrémité antérieure. Œufs embryonnés de 48^{μ} à 53^{μ}, larges de 34^{μ} à 36^{μ}; embryons éclos dans l'utérus, longs de 230^{μ} à 265^{μ}, sur un diamètre moyen de $5^{\mu},5$.

Ces caractères permettent de ranger ce nématode dans le genre *Onchocerca* (Diesing), de la famille des Filaridæ.

Chez les Bovidés, en dehors de l'*Onchocerca armillata* (Raillet et Henry) découvert dans la tunique moyenne de l'aorte du zébu et du buffle (Asie tropicale), on ne connaît jusque-là que deux types :

Onchocerca Gibsoni (Cleveland et Johnston, 1910) dans des nodules du tissu conjonctif sous-cutané (Australie);

Onchocerca gutturosa (Neumann, 1910) dans le ligament cervical (Algérie).

Sur les Bovidés d'Europe, notre parasite est le premier signalé.

Pour MM. Raillet et Henry, l'étude de ce nématode et la comparaison de ses caractères avec la description des parasites australiens et algériens conduiront très probablement à une identification. Toutefois, en attendant que la comparaison non pas seulement des descriptions mais des vers eux-mêmes puisse être faite, nous proposons d'en faire un type à part sous le nom de *Onchocerca bovis*, pour les raisons suivantes : rareté de la dilatation œsophagienne, fréquence très grande sur les Bovidés d'Europe, loca-

lisation constante dans le tissu fibreux, localisation à l'articulation fémoro-tibiale, absence de réaction nodulaire.

Au point de vue pathologique, le rôle de ce parasite paraît important, étant donné les désordres souvent très considérables qu'il détermine au niveau des tendons articulaires, et des périarthrites qui en résultent.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la propagation, dans la République Argentine, de l'épizootie des sauterelles du Mexique.* Note par M. F. d'Herelle, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note précédente (séance du 22 mai 1911), j'ai signalé une épizootie sévissant sur les sauterelles (*Schistocer capallens* Thumb.) de l'État mexicain du Yucatan : en l'espace de deux ans le pays fut libéré des invasions périodiques qui se répétaient depuis de nombreuses années. La maladie, d'une durée de 12-36 heures, est caractérisée par une diarrhée abondante : le contenu intestinal fournit une culture presque pure d'un cocobacille (*Cocobacillus acridiorum*, sp. nov.) que j'ai isolé et dont j'ai vérifié l'action pathogène spécifique.

Le Gouvernement de la République Argentine m'ayant demandé d'essayer l'action du cocobacille de l'épizootie du Mexique sur les sauterelles qui ravagent chaque année une partie du territoire de ce pays, j'ai commencé les expériences fin décembre 1911.

La sauterelle migratrice de la région du Parana appartient à l'espèce *Schistocerca paranensis* Burm.

J'ai commencé par exalter la virulence du cocobacille, virulence atténuée par une longue suite de cultures au laboratoire : j'ai opéré par inoculations successives à des séries de sauterelles : la mort arriva pour la première série en 36-60 heures, pour la dixième et les suivantes en 6-8 heures. Du contenu intestinal de sauterelles de la douzième série j'isolai sur gélose le cocobacille, je repiquai en tubes de gélose : ces derniers tubes servirent à ensemencer les bouillons destinés à l'infestation.

Deux expériences furent d'abord faites sur des sauterelles contenues dans de vastes cages : chacune renfermant 250 à 300 insectes.

1° Une cage est infestée avec une poignée de luzerne arrosée avec 20^{cm^3} de bouillon de culture. Au bout de 24 heures, nombreuses sauterelles mortes, plusieurs sont en partie dévorées par leurs congénères. Après 48 heures la mortalité est d'environ 50 pour 100 : la luzerne présente de nombreuses taches noirâtres constituées par les

déjections liquides des insectes atteints. Après 5 jours toutes les sauterelles sont mortes; plusieurs sont ramassées au hasard, leur contenu intestinal donne une culture presque pure du cocobacille spécifique.

2° Une cage semblable à la précédente est infestée avec quatre sauterelles mortes après injection d'une goutte de culture. Après 24 heures une vingtaine de mortes; après 48 heures, environ 30 pour 100; après 3 jours, 80 pour 100; le quatrième jour au soir il ne reste que 5 vivantes qui sont trouvées mortes le lendemain matin. Mêmes remarques que dans l'expérience précédente.

Cage témoin semblable aux deux autres; après 5 jours cinq mortes, sans doute à la suite de traumatismes soufferts pendant le transport; les cadavres ne présentent rien de particulier.

Plusieurs autres séries d'expériences furent faites avec le même résultat. Le Gouvernement argentin décida alors l'infestation des taches de criquets et vols de sauterelles qui se trouvaient dans la Province de Santa-Fé.

I. *Escalada*, 16 janvier, midi. — Un demi-hectare, entouré d'appareils cypriotes pour empêcher la fuite des criquets et faciliter ainsi l'observation, est infesté avec un demi-litre de bouillon de culture de 24 heures, pulvérisé avec un appareil Vermorel.

17 janvier, 4^h soir. — Nombreux morts et malades.

19 janvier, 9^h matin. — Mortalité 40 pour 100 environ. Nombreux malades.

20 janvier, 6^h matin. — Mortalité 75 pour 100 environ. Nombreux malades.

23 janvier. — Mortalité 98 pour 100. Tous les survivants sont malades et meurent dans les 24 heures suivantes.

II. *Estancia San-Juan*, 18 janvier. — Une prairie d'environ 35^{ha}, non entourée, renferme de nombreuses sauterelles ailées; je répands sur le sol, avec la bouteille, 1^l de culture; le 23 janvier, on trouve de très nombreuses sauterelles mortes sur toute la surface de la prairie; la mortalité continue les jours suivants et s'étend aux environs. Comme il s'agit de sauterelles ailées, il est impossible d'évaluer la mortalité, ces insectes allant et venant d'un district à l'autre, un vol étant souvent remplacé par un autre d'un jour à l'autre.

III. *Matilde*, 21 janvier. — Deux taches compactes de criquets, chacune d'environ 2^{ha} de superficie, sont infestées l'une et l'autre avec 3^l de culture répandus au pulvérisateur. Après 24 heures, on observe sur toute l'étendue de la tache une mortalité considérable, de nombreux brins d'herbe sont tachés par les déjections des malades; la mortalité augmente le lendemain; pendant la nuit suivante, les criquets survivants muent et prennent leur vol.

Plusieurs autres infestations ont donné des résultats identiques.

L'épizootie se propage avec une rapidité inouïe; peu de jours après les premières infestations, la maladie était déjà signalée dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres autour du premier district infesté, le cocobacille spécifique fut isolé du contenu intestinal des cadavres recueillis. La

propagation s'est certainement effectuée par des sauterelles ailées infectées dans le district d'Escalada; on sait que les sauterelles peuvent faire de très longs trajets en peu de temps; des vols de 32^{km} en une seule nuit ont été signalés dans la République Argentine.

Je dois ajouter que des sauterelles non migratrices, appartenant à des genres autres que *Schistocerca*, ont été également trouvées infectées; il s'ensuit que la propagation de l'épizootie est possible quelle que soit l'espèce de sauterelle qu'il s'agit d'exterminer.

En présence des résultats obtenus dans la Province de Santa-Fé, le Gouvernement argentin a décidé l'infestation de tous les territoires envahis par les sauterelles.

Les infestations ont été faites pour la plupart par l'auteur de cette Note; quant aux résultats énumérés, ils ne sont que le résumé des rapports des inspecteurs du Ministère de l'Agriculture chargés de suivre les essais; j'ai tenu à ce qu'il en soit ainsi pour éviter d'encourir le reproche d'exagération qu'on est toujours tenté de faire à l'auteur d'un procédé.

L'agriculture des pays tropicaux et subtropicaux se trouve désormais en mesure de lutter avantageusement et sans aucune dépense, peut-on dire, contre un insecte qui a toujours été considéré comme un véritable fléau.

MÉTÉOROLOGIE. — *Électrisation par la pluie d'une antenne de télégraphie sans fil.* (Observation faite le vendredi 9 février, vers 3^h, à l'Observatoire magnétique de Fourvière, à Lyon.) Note de M. C. **Limb**, présentée par M. Lippmann.

L'Observatoire magnétique de Fourvière possède une installation de télégraphie sans fil, destinée à la réception, au moyen de l'appareil de Ducretet et Roger, des signaux horaires émis chaque jour par le poste de la Tour Eiffel. L'antenne est formée d'un simple fil d'aluminium de $3^{mm},2$ de diamètre (8^{mm^2}) et de 50^m de longueur dans sa partie horizontale. Ce fil est tendu entre les tours sud-est et nord-ouest de la basilique, vers leur partie supérieure, à la hauteur d'environ 50^m au-dessus de la terrasse de Fourvière, soit à une altitude de 340^m au-dessus de la mer. Il descend le long de la tour nord-ouest, à 1^m de distance du mur, et aboutit à un commutateur permettant de mettre l'antenne, soit directement à la terre par un perd-fluide en cuivre de 2^{m^2} de surface, enfoui dans le sol, soit en relation avec

l'appareil de réception qui prend sa *terre* sur une conduite de gaz, dans le poste même.

Les phénomènes d'électricité atmosphérique étant fréquents et souvent intenses à Fourvière, l'antenne reste en général à la terre. Dans l'après-midi de vendredi 9 février, vers 3^h, je mis le commutateur sur les appareils de réception : aucun phénomène particulier ne se manifesta. Le temps était brumeux et pluvieux, mais non orageux. Un radiogramme fut reçu très nettement ; mais quelques instants après, la pluie commençant à tomber, des crachements se firent entendre dans le téléphone récepteur. En tournant le commutateur pour établir la communication directe au perd-fluide, j'observai, un peu avant le contact, une série d'étincelles brillantes et crépitantes, assez nourries, éclatant à la distance de 5^{mm} à 6^{mm} et à raison d'au moins 2 par seconde. Ces étincelles avaient absolument l'aspect de la décharge d'une petite bouteille de Leyde, avec cette différence qu'elles se succédaient sans interruption. A ce moment la pluie tombait déjà abondamment.

La surface apparente horizontale de l'antenne, pour la longueur de 50^m et le diamètre de $3^{mm},2$, ne représente que 16^{dm^2} (soit un carré de 4^{dm} de côté) : la pluie se trouvait donc à un potentiel électrique assez élevé pour communiquer à cette surface une charge importante. Après avoir constaté le phénomène pendant une dizaine de minutes, j'établis complètement la communication au sol. Une demi-heure après, la pluie n'ayant pas cessé, je n'observai plus que de très faibles étincelles, à raison d'une par 2 minutes environ. Peut-être la pluie n'était-elle presque plus électrisée ; mais il semble plus vraisemblable d'admettre que les cordes paraffinées et les isolateurs de porcelaine cannelés, qui isolent le fil à ses extrémités, se trouvaient assez mouillés, à ce moment, pour ne plus permettre à l'antenne de conserver une charge électrostatique notable. Je me propose d'isoler convenablement, sur des supports de paraffine, une plaque ou un récipient métalliques pour observer, à la prochaine occasion, ce phénomène d'électrisation par la pluie.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de la Commission du prix Jérôme Ponti, chargée de juger le concours de l'année 1912.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

MM. Émile Picard, Guignard, Zeiller, Bouvier, Maquenne, le prince Roland Bonaparte, Villard.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Lippmann, Lacroix.

L'Académie procède également, par la voie du scrutin, à la nomination des Commissions suivantes :

Commission chargée de présenter une *Question de Grand Prix des Sciences physiques*, pour l'année 1915 : MM. Ph. van Tieghem, Schlœsing père, Bouchard, Gautier, Perrier, Guignard, Lacroix.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Delage, Maquenne.

Commission chargée de présenter une *Question de Prix Vaillant*, pour l'année 1915 : MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Lippmann, Poincaré, Gautier, Perrier, Guignard.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Baillaud, Lecornu.

A 4 heures et demie l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, M. Bouchard, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *O.-M. Lannelongue* :

En première ligne. . . . . M. **Charles Richet**

En seconde ligne, par ordre alphabétique. . MM. **Delorme**, **Le Dentu**, **A. Lucas-Championnière**, **S. Pozzi**, **Paul Reclus**.

Il est procédé à la lecture d'une partie des Rapports sur les travaux des candidats.

La suite de la lecture des Rapports et la discussion des titres auront lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures.

Ph. v. T.

ERRATA.

(Séance du 14 février 1912.)

Note de M. *A. Lacroix*, Les volcans du centre de Madagascar. Le massif de l'Ankaratra :

Page 480, ligne 8, *au lieu de* sud-ouest, *lire* sud-est.